

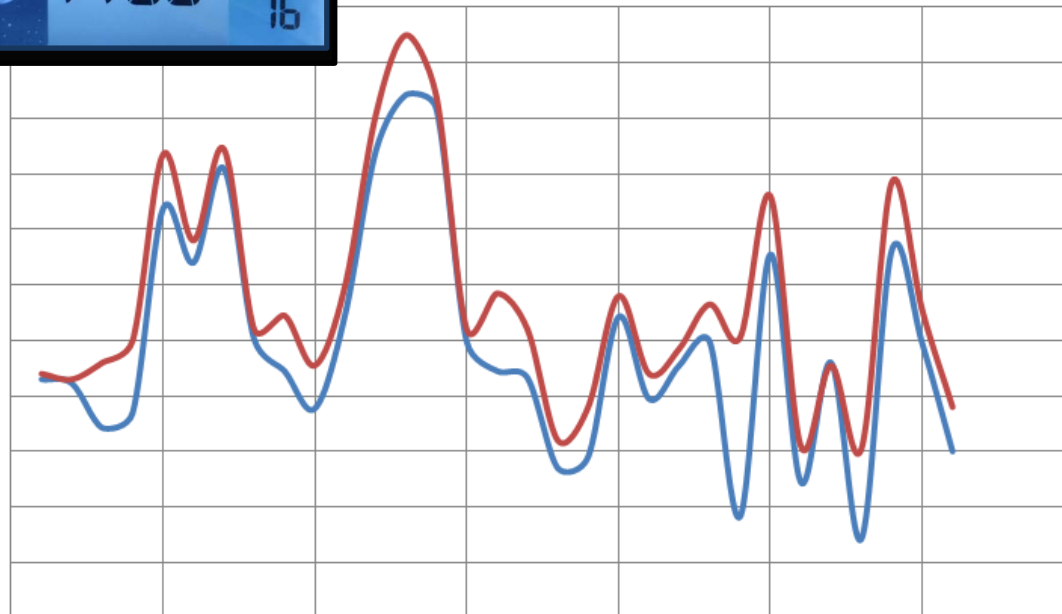
LA TEMPÉRATURE À SAINT-FULGENCE

QUÉBEC, CANADA

**ÉTUDE EXPLORATOIRE
SUR LES MICROCLIMATS FAVORABLES
À L'HORTICULTURE**
Rapport de recherche

Par
Majella-J. GAUTHIER
Doctorat en géographie
Professeur émérite

Août 2016



LERGA
Laboratoire d'expertise et
de recherche en géographie appliquée
UQAC
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC
À CHICOUTIMI

LA TEMPÉRATURE À SAINT-FULGENCE, QUÉBEC, CANADA
ÉTUDE EXPLORATOIRE SUR LES MICROCLIMATS FAVORABLES À L'HORTICULTURE
Rapport de recherche

Par
Majella-J. GAUTHIER
Doctorat en géographie
Professeur émérite

Laboratoire d'expertise et de recherche
en géographie appliquée (LERGA)
(Soutien financier)

Université du Québec à Chicoutimi

Août 2016

Cette étude est disponible sur le site de l'Atlas électronique du Saguenay–Lac-Saint-Jean
(www.uqac.ca/atlas)

Résumé

Selon les recherches effectuées ces dernières années dans la municipalité de Saint-Fulgence au Québec, il y a non seulement des signes de microclimats favorables à l'horticulture¹ sur la rive nord de la rivière Saguenay, mais aussi un potentiel microclimatique révélé notamment par l'exposition des terres au soleil et par la proximité d'une grande masse d'eau. Il y aurait 621 hectares à récupérer et ainsi on pourrait multiplier par 7 les superficies où l'on pratique actuellement l'horticulture. Par ailleurs, est venu le temps de réaliser une première exploration de données météorologiques de cette portion de terrain, à la fois pour connaître les variations saisonnières et pour effectuer des comparaisons avec des données d'une station témoin. L'étude qui suit illustre la comparaison de ce qui a été mesuré quotidiennement, d'une part, sur les rives de la rivière Saguenay pendant trois ans et, d'autre part, sur ce qui a été enregistré à la station météorologique de Bagotville durant cette période. On verra qu'à l'automne les berges de Saint-Fulgence présentent des avantages thermiques certains.

Cette recherche s'inscrit dans une perspective de développement local. Elle fait partie d'une vision à court et à moyen termes sur l'économie agricole, dans ce cas-ci, celle du Saguenay–Lac-Saint-Jean.

¹ Selon le Dictionnaire de l'Académie française, l'horticulture est « l'art de cultiver les jardins, de pratiquer la culture des légumes, des fleurs, des arbres ou des arbustes fruitiers et d'ornement ».

Table des matières

Résumé	2
1.INTRODUCTION.....	8
2.OBJECTIFS DE LA RECHERCHE	9
3.MISE EN SITUATION ET PROBLÉMATIQUE.....	11
3.1.Mise en situation	11
3.2.Problématique	22
4.MÉTHODOLOGIE	27
4.1.Étapes en bref.....	27
4.2.Territoire et localisation.....	27
4.3.Données	31
4.4.Traitement des données et étapes de réalisation	40
4.5.Constitution de la base de données	41
5.RÉSULTATS	43
5.1.Comparaison des températures entre les thermomètres.....	43
5.2.Écarts uniformisés entre les thermomètres	46
5.3.Conditions météorologiques prévalant chaque jour.....	47
5.4.Grandes tendances	66
5.5. Résultats associés	67
6.CONCLUSION.....	68
BIBLIOGRAPHIE	72

ANNEXES	76
Annexe A : Remerciements.....	76
Annexe B : Mesures de la température de l’eau et de l’air à Balatonfüred (Hongrie)	77
Annexe C : Données climatiques à Bagotville	78
Annexe D : Description des thermomètres.....	80
Annexe E : Tableau synthèse des températures à 6 h 30 du matin chez Turcotte et à Bagotville.....	81
Annexe F : Vents : mise en catégories	82

Liste des photos

Photo 1 : Baignade dans la rivière Saguenay à la flèche de Saint-Fulgence le 20 août 2014 (MJG).....	17
Photo 2 : La rivière Saguenay : une surface d’eau imposante, une masse thermique et un deuxième Soleil (MJG)	29
Photo 3 : Bordure forestière dans laquelle sont localisés les thermomètres de Turcotte à Saint-Fulgence (Google Earth).....	35
Photo 4 : Champ en horticulture situé entre la résidence de Turcotte et la rivière Saguenay (Google Earth).....	36
Photo 5 : Parc instrumental à Bagotville.....	38

Liste des tableaux

Tableau 1 : Température comparée de l’eau de la rivière Saguenay	18
Tableau 2 : Exemple d’un tableau des relevés météorologiques par jour et par heure pour Bagotville	39
Tableau 3 : Moyennes de température des mois les plus froids et les plus chauds chez Turcotte et à Bagotville.....	44
Tableau 4 : Fréquences des écarts de température selon les cinq catégories	48
Tableau 5 : Fréquences observées des écarts de température et de la direction du vent	50
Tableau 6 : Pourcentages des directions du vent sur les écarts de température	51
Tableau 7 : Pourcentages des écarts de température sur les directions du vent	51
Tableau 8 : Fréquences observées des écarts de température et de la vitesse du vent.....	53
Tableau 9 : Pourcentages de la vitesse du vent sur des écarts de température	53
Tableau 10 : Pourcentages des écarts de température sur la vitesse du vent.....	54
Tableau 11 : Fréquences observées des écarts de température et du temps qu’il fait	55
Tableau 12 : Pourcentages des écarts de température sur le temps qu’il fait.....	56

Tableau 13 : Pourcentages du temps qu'il fait sur les écarts de température.....	56
Tableau 14 : Nombre de jours par mois compris dans l'analyse et leur pourcentage sur l'ensemble des trois années	57
Tableau 15 : Fréquences observées des écarts de température et des mois	60
Tableau 16 : Pourcentages des écarts de température sur les mois.....	60
Tableau 17 : Pourcentages des mois sur les écarts de température.....	61
Tableau 18 : Fréquences observées des écarts de température et des saisons.....	62
Tableau 19 : Pourcentages des écarts de température sur les saisons.....	63
Tableau 20 : Pourcentages des saisons sur les écarts de température	63
Tableau 21 : Tableau des coefficients de contingence pour les variables analysées	65

Liste des diagrammes

Diagramme 1 : Température de l'eau et sur terre.....	19
Diagramme 2 : Température (° C) de l'eau et de l'air à Balatonfüred (Hongrie).....	21
Diagramme 3 : Climatogramme des températures et des précipitations à Bagotville.....	26
Diagramme 4 : Schéma de recherche	28
Diagramme 5 : Température moyenne mensuelle chez Turcotte.....	45
Diagramme 6 : Températures en octobre 2015 (°C): variation quotidienne	46
Diagramme 7 : Mise en deux catégories de la direction du vent quand il souffle	49
Diagramme 8 : Écarts totaux de température entre Turcotte et Bagotville (°C).....	58
Diagramme 9 : Fréquences des écarts positifs de température entre Turcotte et Bagotville selon les mois.....	59

Liste des cartes

Carte 1 : Localisation de Saint-Fulgence	10
Carte 2 : Zones climatiques pour l'agriculture.....	24
Carte 3 : Localisation des deux endroits de prise de données météorologiques :	30
Carte 4 : Détails topographiques et couverture du sol chez Turcotte à Saint-Fulgence	32
Carte 5 : Potentiel microclimatique : modèle 2 (avec dépôts)	33

1.INTRODUCTION

La discipline de la géographie s'intéresse aux questions de développement et d'aménagement du territoire depuis plusieurs décennies. Au Canada, c'est lors de l'expérience de l'ARDA² que les préoccupations pour une meilleure utilisation des terres se sont révélées et c'est là que les géographes se sont impliqués davantage avec une présence significative en matière de développement régional et local. La voie était ouverte pour l'action sur plusieurs années. Et il y a eu de bonnes choses de faites.

Les ressources climatiques y ont toutefois été négligées. En fait, elles étaient sous-jacentes à l'inventaire des autres ressources plus visibles : agricoles, forestières, fauniques, touristiques. Le climat sous le volet agricole aurait mérité plus d'attention. Enfin, rien n'est perdu, car il reste encore aujourd'hui tout un champ de recherche à explorer. Cela s'exprime ces temps-ci par un besoin de connaissances sur le climat, non seulement des grandes régions, mais aussi des petits espaces, et ce, spécifiquement en agriculture, dont l'horticulture fait partie. Tous savent que la qualité des terres pour l'agriculture varie en fonction des dépôts de surface; cela va de soi. Aussi, tous s'imaginent que les conditions climatiques influencent le choix des cultures et des élevages.

C'est pour en savoir plus que le Laboratoire d'expertise et de recherche en géographie appliquée (LERGA) de l'Université du Québec à Chicoutimi s'est impliqué dans une recherche relativement cadrée, soit déterminer les terres à potentiel horticole, là où une agriculture plus exigeante sur le plan climatique pourrait être pratiquée. Cela permet de fournir de l'information, utile en matière de prise de décision, aux officiers municipaux et régionaux responsables de l'aménagement du territoire.

En fait, nous avons déjà étudié la question microclimatique pour la municipalité de Saint-Fulgence (carte 1) et nous avons produit des modèles cartographiques basés sur les aspects physiographiques des terres et sur les signes de la présence de zones avantagées

² Le programme ARDA (Aménagement rural et développement agricole) a été mis de l'avant par le gouvernement du Canada dans les années 1960 à la suite des conférences sur « Les ressources et notre avenir ».

pour l'horticulture. À ce propos, il est encourageant de voir que, depuis la diffusion des résultats, plusieurs individus ont pris le train en marche et désirent implanter leurs jardins dans la municipalité.

Pour compléter la recherche déjà effectuée, il fallait observer et analyser des données climatiques propres à Saint-Fulgence. C'est ce que nous avons réalisé et ce que nous exposons dans les pages qui suivent. On trouvera à l'annexe A les mots de remerciements.

Le présent rapport est divisé en cinq grandes parties : les objectifs de la recherche, une mise en situation, la méthodologie utilisée, les résultats obtenus et la conclusion.

2.OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

L'objectif général de la recherche est de déterminer si, à Saint-Fulgence, les données de température de l'air diffèrent de celles mesurées dans l'environnement voisin.

L'objectif particulier est de comparer les mesures effectuées près de la rivière Saguenay par un résident de la municipalité avec celles de la station météorologique de Bagotville située à l'intérieur des terres. Il s'agit aussi d'illustrer à quels moments et dans quelles conditions météorologiques les écarts favorisant Saint-Fulgence se produisent.



Carte 1 : Localisation de Saint-Fulgence
<http://www.axl.cefanelaval.ca/amnord/images/Quebec-carte.gif>

3.MISE EN SITUATION ET PROBLÉMATIQUE

Dans un premier temps, jetons un coup d’œil sur le contexte. Puis, nous nous pencherons sur les questions posées.

3.1.Mise en situation

3.1.1.Œil ouvert sur les ressources agricoles

En raison des changements qui s’effectuent sur les plans social et économique, de la redéfinition des besoins par la population, de l’évolution technologique ainsi que de la prolifération des banques d’information, il est nécessaire de jeter un **coup d’œil constant** sur les ressources, de les identifier, de les qualifier de manière à les mettre en valeur. Les ressources peuvent en effet se révéler sous d’autres aspects et être convoitées continuellement par de nouveaux marchés. Ainsi, des potentiels peuvent sourdre et devenir plus actuels et s’avérer prometteurs d’avenir³.

Plus précisément, si l’on se penche sur le secteur agricole, on parlerait alors des potentiels liés aux cultures. Cela fait référence à la consommation et à la commercialisation de produits agricoles durables si chères au concept de **l’agriculture de proximité**. Ce type d’agriculture prend la forme de mise en marché comprenant les systèmes de commercialisation favorisant une plus grande proximité relationnelle ou géographique entre les entreprises du secteur bioalimentaire et les consommateurs⁴. C’est ce que l’on appelle aussi les circuits courts de commercialisation. À cela se joint la nécessité de **diversifier** les activités agricoles; spécifiquement, il s’agit de propositions pour varier ou pour élargir la gamme des activités afin de se développer et pour créer de nouvelles sources de revenus durables⁵. À ce propos, les initiatives peuvent s’étendre autant à l’intérieur d’une entreprise déjà en opération qu’à la création de nouvelles entreprises proposant de nouveaux produits.

3.1.2.Climat et agriculture

Rappelons que les conditions climatiques couvrent un éventail de variables qui s’intègrent pour former un ensemble spécifique; c’est un système lié à une région donnée, à une aire donnée, à une parcelle donnée.

³ GAUTHIER, Majella-J., « Nouveaux regards sur les ressources au Saguenay–Lac-Saint-Jean : bleuets, microclimats et canot-camping », *Saguenayensia*, vol. 55, n° 2, 2014, p. 32-37.

⁴ <https://www.mapaq.gouv.qc.ca/SiteCollectionDocuments/Formulaires/Programmeproximite.pdf>

⁵ <http://www.mapaq.gouv.qc.ca/fr/Regions/monteregie/articles/commercialisation/Pages/diversifierseactivitesetcommercialiserencircuitscourts.aspx>

Rappelons aussi que le climat fait partie des **ressources naturelles renouvelables**. Le climat s'inscrit dans la durée et se réalise selon un cycle annuel, celui de la révolution terrestre autour du Soleil. Au cours de ce cycle, les divers points de la planète présentent une exposition plus ou moins favorable à la réception du rayonnement solaire et à l'énergie que le Soleil apporte avec tous les effets climatiques que l'on devine. Par commodité, le climat est généralement exprimé par des valeurs statistiques classiques (« la moyenne ») de ses paramètres les plus représentatifs sur une base d'observations de 30 années appelées « normale » (Amat, Dorize et Le Cœur 1996: 19-20). L'analyse des climats découle de la climatologie qui est la discipline scientifique relative au climat. La climatologie a pour objet la caractérisation et la classification des types de climat, leur localisation géographique, l'étude des causes de leur diversification et, en un lieu donné, l'analyse de leur variabilité temporelle (Guyot 1999: 294). Voici les facteurs généraux du climat tels qu'ils ont été énumérés par l'agronome Doucet (1992) : la luminosité (constance, durée, transparence), l'énergie solaire, l'humidité de l'air, la pression atmosphérique, le vent, les précipitations et la température.

À une échelle plus grande, c'est-à-dire plus détaillée, se profilent les microclimats. La définition d'un **microclimat** va comme suit : « l'ensemble des conditions météorologiques d'une zone de faible extension géographique qui diffèrent du climat général de la zone considérée ». Ces spécificités locales sont dues en général aux caractéristiques topographiques, géologiques et hydrologiques locales. La nature d'une roche, la pente et l'exposition d'un milieu, son humidité et son exposition aux éléments peuvent créer un milieu singulièrement différent des alentours. Indiquons à titre d'exemple qu'un microclimat peut être, par rapport au climat général environnant, plus chaud ou plus froid, plus pluvieux ou plus sec, plus ensoleillé ou plus ombragé, plus venteux ou plus à l'abri, etc. Ce type de milieu accueille alors une flore et une faune particulières et typiques (Futura-sciences 2015).

Ainsi, les échelles spatiales des climats sont variées : Guyot (1999) parle de climat régional quand il s'étend sur 100 kilomètres, de topoclimat entre 1 et 10 kilomètres et de microclimat entre 1 centimètre et 100 mètres. Nous supposons qu'il s'agirait, dans le cas qui nous intéresse, d'un éventail de microclimats à l'échelle de parcelle, c'est-à-dire plus ou moins 100 mètres⁶.

« Microclimat : « l'ensemble des conditions météorologiques d'une zone de faible extension géographique qui diffèrent du climat général de la zone considérée ». L'échelle spatiale d'un microclimat varie entre 1 centimètre et 100 mètres.

⁶ Par ailleurs, les climatologues étendent la superficie maximale d'un microclimat à 10 km².

Le climat contribue évidemment à la composition des **écosystèmes** qui sont des ensembles dynamiques constitués d'un milieu naturel ou biotope (eau, sol, climat, lumière...), caractérisés par des conditions écologiques particulières et des êtres vivants ou biocénoses (animaux, plantes, microorganismes) qui les occupent⁷. Dans ce contexte, on fait appel à la notion de bioclimat qui peut se définir comme la ressource que le climat offre aux plantes, aux formations végétales, aux biocénoses (Amin, Dorize et LeCoeur 1996: 313).

La **température joue un rôle primordial en agriculture**. Par exemple, la germination des graines et la croissance des plantes exigent des conditions souhaitables de température. La température optimale est idéalement entre 18,3 °C et 23,9 °C. Par ailleurs, les basses températures permettent seulement une croissance lente (Symons 1970: 27-28).

Ainsi, aux fins d'information, rappelons quelques notes relatives aux **exigences de certaines plantes** (dont les cultures) en termes bioclimatiques. Les besoins en chaleur des plantes augmentent avec les étapes de la croissance et du cycle évolutif, depuis la germination jusqu'à la récolte. Ces exigences sont limitées par des températures minimales et maximales. Entre ces deux limites, il existe une température à laquelle chaque espèce donne son meilleur rendement. C'est propre à chaque étape du cycle vital et cela varie selon les espèces et les variétés (Doucet 1992: 11-17).

Les plantes sont sensibles aux gelées tardives au printemps et hâtives à l'automne. Ainsi la longueur de la saison sans gel prend toute sa signification. La longueur de la **saison sans gel** constitue une façon de mesurer les besoins des plantes. Généralement, le calcul est basé sur le seuil de 0 °C : il s'agit du nombre de jours consécutifs sans que la température minimale atteigne le point de congélation. Là encore les espèces ont leurs propres limites.

Les plantes sont dépendantes, pour leur croissance, de la chaleur qu'elles reçoivent. Leurs exigences varient selon les espèces. Les **degrés-jours de croissance**, soit l'excédent de température au-dessus du seuil de croissance, constituent une valeur significative sur le plan agronomique. Habituellement, on utilise le seuil de croissance de 5 °C. Par exemple, il faut un total de 780 °C pour le mûrissement d'une récolte de pois Wisconsin. Néanmoins, les seuils varient selon les espèces : 5,5 °C pour le blé, l'orge, l'avoine; 15 °C pour la tomate et la vigne; 10 °C pour les haricots. Il est aussi intéressant de se rappeler que la chaleur nécessaire au développement d'une plante varie tout au long du processus de croissance. Somme toute, ce ne sont que des exemples qui montrent l'importance de la température en agriculture.

⁷ <http://www.toupie.org/Dictionnaire/Ecosysteme.htm>.

3.1.3. Recherche antérieure sur les microclimats

Notre laboratoire poursuit actuellement une recherche, notamment dans la municipalité de Saint-Fulgence, dont une deuxième étape s'est concrétisée en 2015 par la production d'un rapport de recherche sur le **potentiel microclimatique** du territoire. Ce rapport faisait suite aux premières observations et aux premiers tests méthodologiques effectués en 2010 par Bruno Girard (2010). Dans le plus récent rapport, on décrit la méthodologie qui a été développée et on présente aussi des résultats étonnants débouchant sur des propositions de réaménagement. À titre d'indication, dans cette municipalité, les 88 hectares actuellement en horticulture pourraient être multipliés par 7 quand on tient compte des terres à fort potentiel pour ce type de production (carte 5) (Gauthier, Lambert, Brisson 2015a).

Il faut dire aussi que les chercheurs ont décidé d'étudier ce territoire en raison du fait que des **conditions géographiques et climatiques** se combinent idéalement pour créer un milieu unique au Saguenay–Lac-Saint-Jean, un lieu où une agriculture plus exigeante sur le plan bioclimatique pourrait être exercée.

3.1.4. Proximité de l'eau

La rivière Saguenay, qui borde la municipalité de Saint-Fulgence au sud, possède une largeur de deux kilomètres. De plus, elle est sujette aux marées (trois mètres) qui dégagent un estran relativement important et elle est libre de glaces bien souvent à partir de la mi-mars jusqu'à la mi-décembre.

La proximité de l'eau peut avoir un effet sur l'humidité de l'air par exemple, mais ce n'était pas notre propos dans la présente recherche. Par contre, en général, les grandes masses d'eau provoquent des phénomènes thermiques exprimés principalement par les vents. Il se produit des vents locaux engendrés par la différence de chaleur entre les terres riveraines et l'étendue d'eau adjacente. On parle alors de vents de mer pendant le jour quand la terre est plus chaude que la surface de l'eau et de vent de terre pendant la nuit quand le phénomène est inversé (Strahler 1969) (Geiger 1966). À noter que ces types de vent ne sera pas étudié dans la présente recherche. Par ailleurs, il y a le vent appartenant à la circulation atmosphérique générale, c'est-à-dire le vent qui souffle sur toute une région, chose que nous allons analyser plus loin. Signalons que, dans la présente étude, il ne sera pas question des vents catabatiques qui se produisent la nuit comme les vents froids qui dévalent le relief, une vallée par exemple.

C'est bien connu que la brise survolant une grande étendue d'eau allonge la saison végétative et il est généralement admis que l'influence d'une masse d'eau importante peut aisément atteindre plusieurs kilomètres et même atteindre quelques dizaines de

kilomètres en bordure de mer et en terrain plat (Escourrou 1980)⁸. Escourrou affirme ceci : « Un volume d'eau régularise les températures et l'humidité relative. Les côtes sont le plus souvent des lieux favorisés propices aux cultures maraîchères et fruitières lorsqu'elles sont protégées des vents violents ».

Il faut dire que des exemples de portions de territoire avantagées sur le plan climatique existent **dans le monde** incidemment des lieux que nous avons visités. On n'a qu'à penser aux fjords de Norvège, aux rives nord du lac Léman en Suisse et du lac Balaton en Hongrie, aux Finger Lakes aux États-Unis, à la rive nord du lac Érié en Ontario, à la vallée de l'Okanagan en Colombie-Britannique. Dans tous ces cas, les terres sont à côté d'une grande masse d'eau et elles sont bien souvent exposées au rayonnement solaire. Puis, la réalité-terrain ne ment pas, car il y a, à ces endroits, des signes évidents de la présence de conditions climatiques supérieures où une agriculture plus « sophistiquée » qu'ailleurs est pratiquée : arbres fruitiers, vigne, cultures maraîchères, etc. (Simier 2013, Menyhart et Anda 2011, Marotta 2014).

À titre d'exemple et toute proportion gardée, voici ce qui se passe selon les saisons autour des Grands Lacs à la frontière sud du Canada (Johnson Winery 2016).

En hiver : Il y a moins de rayonnement du soleil, rendant généralement les températures plus fraîches. Cela signifie que les lacs sont plus chauds que l'air. Cependant, les lacs deviennent des sources de chaleur, abandonnant leur énergie à l'atmosphère tout au long de l'hiver. Comme l'air passe au-dessus des lacs, il se réchauffe et transporte la chaleur pendant environ 30 milles (48 kilomètres). L'air chaud protège les arbres fruitiers et les plantes contre la gelée et contre leur mort lors des températures inférieures à zéro.

Au printemps : L'eau demeure fraîche plus longtemps que l'air et la terre. L'air passant sur le lac refroidit et reste frais dans la zone de fruits. Ce refroidissement ralentit le développement des fleurs de fruits. Les arbres et les plantes fleurissent plus tard ; il y a alors moins de risques de dommages par le gel.

⁸ En climatologie, on estime à 5 km la largeur de l'espace tampon où, par exemple, les précipitations, la température et les vents sont habituellement à l'abri des grandes variations.

En été : La température de l'eau des Grands Lacs a tendance à augmenter ou devient plus chaude pendant l'été. Les lacs sont un lieu de stockage de l'énergie solaire supplémentaire à partir de l'atmosphère, agissant comme un diffuseur de chaleur tout au long de l'été.

À la fin de l'été et au début de l'automne : L'eau réchauffée du lac réchauffe à nouveau l'air, protège les fruits mûrs des dommages causés par les gelées précoces.

Avant d'aller plus loin, nous avons jugé qu'il serait bon de dire quelques mots sur variation de la température à la surface d'une étendue d'eau au cours de l'année. Disons d'abord que nous n'avons pu avoir accès qu'à un nombre limité de données de température à la surface de l'eau à Saint-Fulgence, exception faite, dans un premier temps, de celles mentionnées dans l'étude de Drainville sur le fjord (1968). Il affirme que la température des eaux de surface varie entre 11 °C à l'embouchure du Saguenay et 16 °C à Saint-Fulgence (mesures prises entre les 14 et 21 juin 1962 à 20 kilomètres en aval du village de Saint-Fulgence)⁹. Pour être plus précis, le 20 juin de cette année-là, il a mesuré une température de 16,1 °C. À partir de ces observations, nous pouvons affirmer qu'à Saint-Fulgence la température de l'eau varie certainement entre 0,0 °C et 16 °C au cours de l'année; elle pourrait atteindre 20 °C à son pic le plus haut si l'on se fie aux amateurs de kayak de mer (Fjordenkayak 2016) et de pêche récréative (Fondation de la faune 2016). D'ailleurs, il était possible de se baigner, notamment le 20 août 2014, lorsque la température de l'air frisait 30 °C (photo 1).

Dans un deuxième temps, des données ponctuelles nous ont été fournies par le Système de gestion des données océanographiques (SGCO 2016). Parmi les milliers de données prises à plusieurs endroits dans la rivière Saguenay, à plusieurs jours et à plusieurs profondeurs, seules six dates ont pu être retenues, car la majorité d'entre elles était réalisée à des profondeurs dépassant un mètre.

Malgré tout, nous avons pu effectuer une analyse descriptive minimale. Même si les données portent sur des années différentes, il est facile de constater au tableau 1 et au diagramme 1 que la température de l'eau en surface s'élève de 12,7 °C de la fin d'avril

⁹ Drainville ajoute ceci : « Globalement, malgré les quelques différences locales, l'image de la thermo-halocline peut se résumer ainsi : une couche d'eau se situe tout près de la surface, ou commençant avec elle, d'une épaisseur de 10-15 mètres, d'une amplitude thermique de l'ordre de 8 à 12 °C [...] et s'étendant sur toute la longueur du fjord. »



Photo 1 : Baignade dans la rivière Saguenay à la flèche de Saint-Fulgence le 20 août 2014 (MJG)

jusqu'au milieu du mois de septembre, en passant de 4,4 °C à 15 °C. Cette progression vaut aussi pour la température mesurée chez Turcotte et à la station de Bagotville. Cependant, les écarts vis-à-vis la température de l'eau et les deux autres stations s'agrandissent en faveur de l'eau à mesure que l'on s'approche de l'automne¹⁰. Réflexion faite, à la fin du printemps, la température mesurée chez Turcotte dépasse les autres, mais est relayée au deuxième palier à l'automne. Il n'en reste pas moins que la question de la température de l'eau devrait mériter une meilleure attention de la part des chercheurs même si certains se préoccupent de la stratification thermique (Belzile, Galbraith et Bourgault 2015).

Dates	Heures	Température de l'eau (°C)	Température de l'air Turcotte 6 h 30 am (°C)	Température de l'air Bagotville même heure (°C)	Température de l'air Bagotville 4 h am (°C)	Température de l'air Bagotville 7 h am (°C)
2014-04-30	16:22:32	2,4	4,00	10,9	3,20	3,3
2014-05-01	13:53:31	3,1	5,00	5,6	4,40	3,9
2014-05-02	18:04:42	2,4	3,00	9,8	4,90	6,8
2001-06-14	12:35:38	12,8	10,50	22,1	11,70	13,5
2003-06-20	17:38:31	14,8	8,50	23,7	9,30	11,9
2003-09-18	13:39:44	15,1	8,50	24,7	11,00	8,5

Tableau 1 : Température comparée de l'eau de la rivière Saguenay

¹⁰ Les données de la température de l'eau ne concernent que des relevés faits dans l'après-midi et ont été prises au large et dans un même secteur sur la rivière, soit entre les îlets Jalbert et l'Anse-à-Pelletier. Quant aux données terrestres, celles de Turcotte valent pour 6 h 30 du matin et celles de Bagotville, pour 7 h du matin.

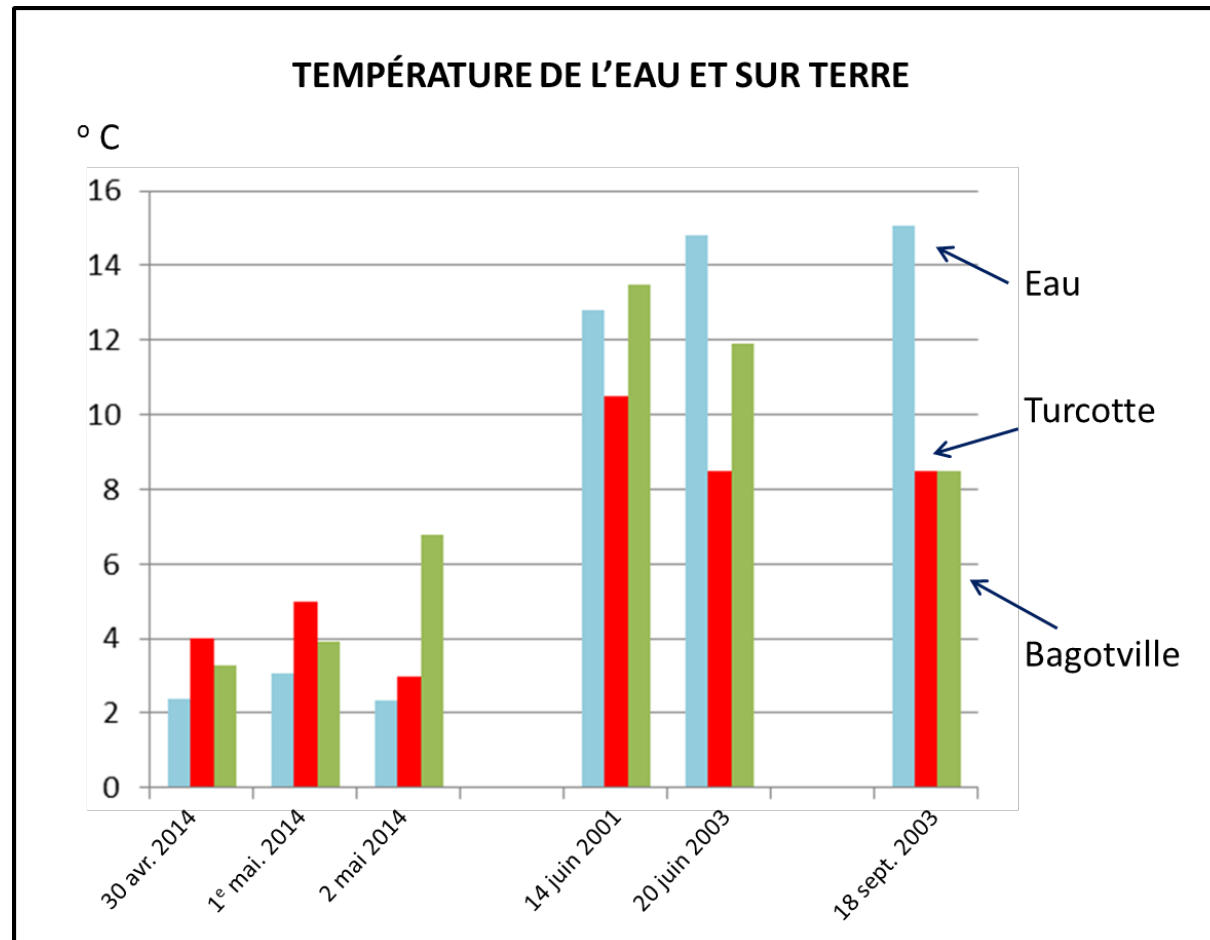


Diagramme 1 : Température de l'eau et sur terre

Également, il serait instructif de voir si ailleurs il ne serait pas possible d'observer comment se comporte la température de l'eau au cours de l'année. Pour cela, nous nous sommes permis d'atterrir en Hongrie et d'aller constater comment on peut décrire la relation qui existe entre la température à la surface d'une grande masse d'eau et la température de l'air avoisinant. Au centre de ce pays existe un lac d'une dimension légèrement inférieure à celle du lac Saint-Jean; il s'agit du lac Balaton d'une superficie de 600 kilomètres carrés. Sur le plan climatique, le lac et ses alentours ont été l'objet de nombreuses études dont celles sur le deuxième Soleil, soit la réflexion du soleil sur l'eau (Menyhart et Anda 2014).

Ce qui est le plus fascinant repose sur les mesures effectuées systématiquement de la température de la surface de l'eau et de l'air à Balatonfüred, une petite ville située sur la rive nord du lac; donc, à proximité de la masse d'eau et, cela sert bien notre propos. On y trouve un relief s'élevant doucement en forme de terrasses comme c'est le cas à Saint-Fulgence. Cet endroit est réputé pour son horticulture et surtout pour les vignobles qui existent à profusion.

Le lac repose à une latitude plus méridionale que Saint-Fulgence et est situé dans une zone climatique plus chaude. Sur le plan physiographique, il présente une faible profondeur. Bien qu'il soit une étendue intérieure composée d'eau douce et non soumise à l'influence des marées, ne pourrions-nous pas nous inspirer de ce qui se passe à cet endroit? Si nous le faisons, cela pourrait nous permettre de comprendre le lien existant entre les données aquatiques et les données aériennes. Ainsi, les données que nous avons extraites du site du World Weather (2016) montrent clairement que la température de l'eau varie selon les mois et diffère de celle de l'air¹¹. Malgré le fait que la moyenne de la température moyenne mensuelle s'avère être la même (13,2 °C), des écarts bien ciblés se produisent selon les mois (diagramme 2) (annexe B). En février et en mars, l'eau est nettement plus froide que l'air; en mai et en juin, l'eau est légèrement plus chaude que l'air et cela est encore plus évident en octobre et surtout en novembre quand le lac a emmagasiné beaucoup de chaleur pendant été (les mois précédents). L'eau n'a-t-elle pas une capacité d'emmagasinage d'énergie cinq fois plus grande que le sol?

¹¹ Les conditions de la prise des mesures nous sont inconnues.

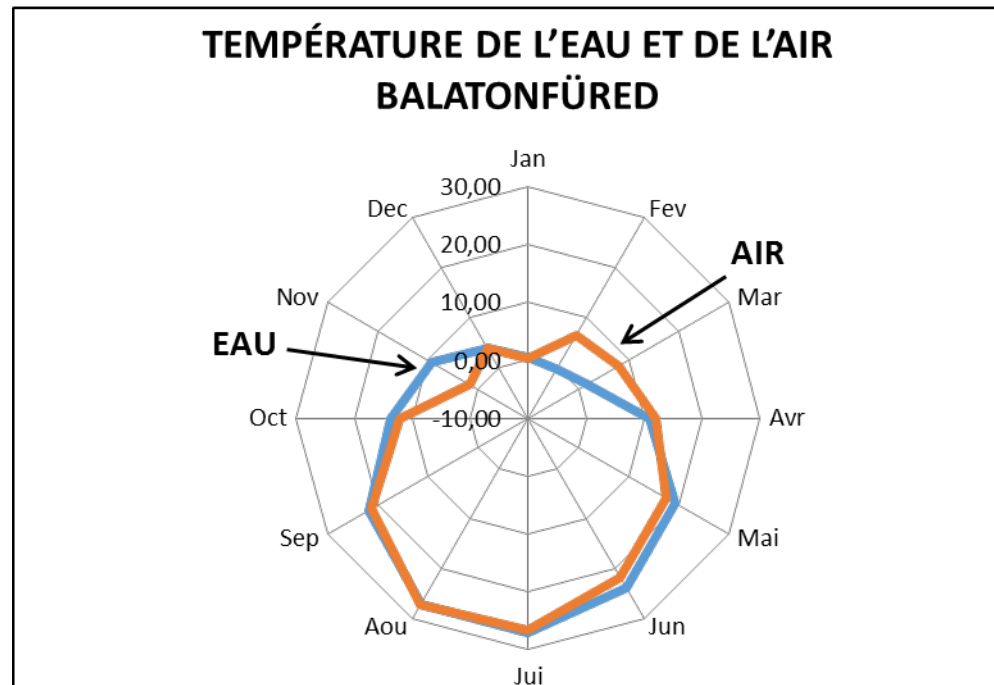


Diagramme 2 : Température (° C) de l'eau et de l'air à Balatonfüred (Hongrie)

Pour revenir à notre terrain d'étude, Saint-Fulgence, on peut supposer alors que l'air couvrant les terres en bordure¹² de la rivière Saguenay pourrait être influencé par la proximité d'une masse aquatique thermique. L'air serait refroidi quand l'eau est froide comme à la fin de l'hiver et serait réchauffé quand l'eau est chaude comme à la fin de l'été et à l'automne. Dans le cas qui nous intéresse, il est justifié d'estimer que, sur le plan agroclimatique, il y aurait des aires où les saisons de végétation et de croissance seraient plus longues, que la saison sans gel serait plus grande, que le nombre de degrés-jours de croissances serait plus élevé, que les amplitudes de température seraient adoucies.

¹² À Saint-Fulgence, comme le relief s'élève rapidement à partir de la rivière Saguenay, on peut déjà considérer que quelques centaines de mètres formeraient une bande raisonnable.

3.2.Problématique

3.2.1. Question de température

Il est maintenant le temps d’aller un peu plus loin et d’en savoir un peu plus sur l’aspect météorologique. Cela est possible, du moins en ce qui concerne les **températures**, car un maraîcher à la retraite, monsieur Roger Turcotte à Saint-Fulgence, recueille quotidiennement, depuis plus de 30 ans, les données de la température juste à l’extérieur de sa résidence : une maison située à 130 mètres des rives du Saguenay. De plus, sa propriété est adjacente à la Ferme du Ruisseau, une entreprise qu’il a mise sur pied il y a 55 ans. Voilà une belle occasion d’exploiter une banque unique de données.

3.2.2. Le climat à Saint-Fulgence : plus favorable?

Dans la présente recherche, rappelons encore une fois que nous avons essayé de déterminer si à Saint-Fulgence certaines dimensions climatiques, comme la température, étaient différentes de ce que l’on trouve en général dans la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean, et ce, pour savoir si le climat est plus favorable à l’agriculture et spécifiquement à l’horticulture. Ainsi, y aurait-il là, par exemple, un climat plus chaud, plus tempéré, avec des saisons de végétation et sans gel plus longues?

Il était tout à fait logique d’utiliser les données de la station météorologique de Bagotville comme élément de comparaison. C’est la station la plus proche de Saint-Fulgence. Elle est en fonction depuis plus de 70 ans et capte toutes les variables météorologiques utiles à la présente recherche.

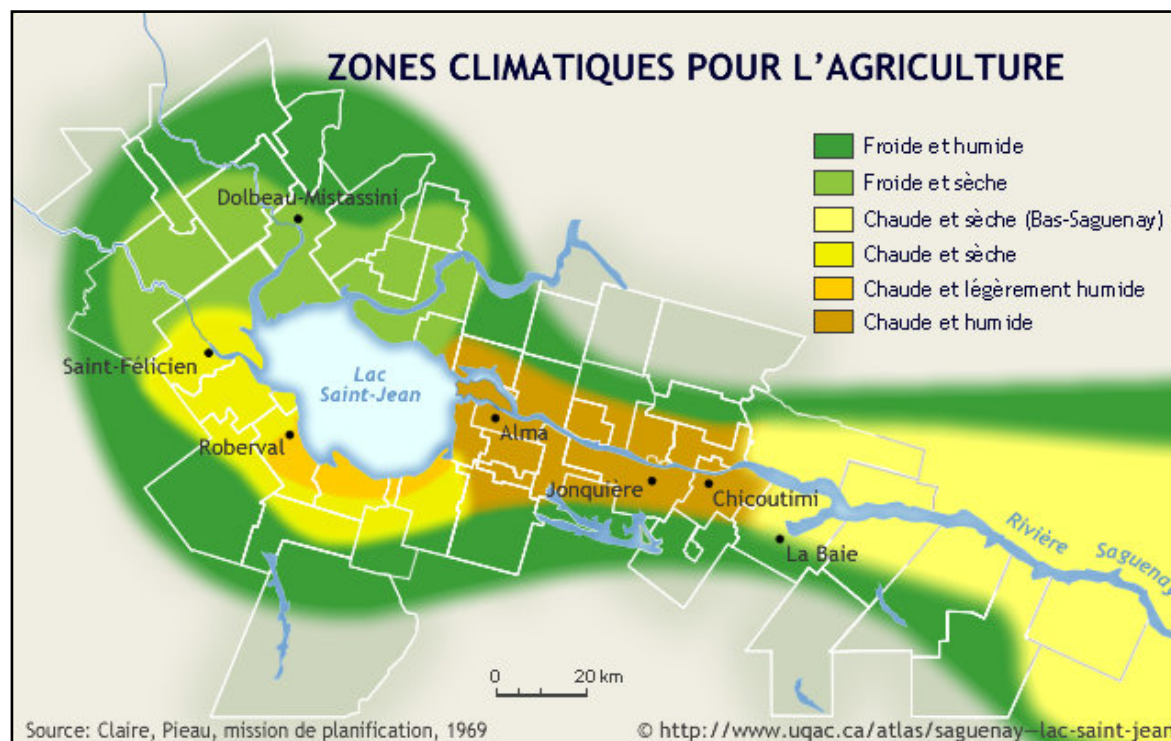
La station de Bagotville est localisée dans la plaine Jonquière–Grande-Baie entre les centres urbanisés de Chicoutimi et de La Baie. En matière de répartition régionale des climats, elle se situe à la marge de la zone chaude et humide à l’ouest, et de la zone chaude et sèche (Pleau 1969) (carte 2)¹³ (diagramme 3) (annexe C).

Faisons par la même occasion un survol de quelques caractéristiques des données climatiques de Bagotville même si elles ne sont pas toutes pertinentes dans la présente recherche (Canada 2016a).

¹³ Voir les autres cartes dans l’Atlas électronique du Saguenay–Lac-Saint-Jean.

- Les températures des moyennes quotidiennes changent selon les mois : elles varient de -15,7 °C en janvier à 18,4 °C en juillet pour une moyenne annuelle de 2,8 °C.
- Les températures des maximums quotidiens vont de -10,1 °C à 24,2 °C pour une moyenne annuelle de 8,2 °C, alors que les températures des minimums quotidiens vont de -21,1 °C à 12,4 °C.
- Les précipitations moyennes sont le double en hiver (50,8 mm en février par rapport à 111,8 mn en juillet) pour un total de 930,6 mm dont le tiers tombe sous forme de neige.
- La durée moyenne de la période sans gel est de 123 jours; la date moyenne du dernier gel du printemps arrive le 22 mai, tandis que la date moyenne du premier gel d'automne est le 23 septembre.
- Le nombre annuel de degrés-jours au seuil de 5,0 °C est de 1 563 °C, alors qu'au seuil de 0,0 °C, il s'élève à 2 562,8 °C.

Nous n'avons pu analyser tous les points mentionnés juste plus haut. Néanmoins, nous nous sommes concentrés sur ce qui était comparable, c'est-à-dire les données de températures, puisque ce sont les seules qui ont été recueillies à Saint-Fulgence. Dans les faits, nous ne pourrions pas produire des informations précisant si les températures annuelle et mensuelle sont plus chaudes à Saint-Fulgence qu'à Bagotville. Mais en analysant les données quotidiennes, il est bien possible que nous constatons que les températures sont relativement plus chaudes à certains moments et que, par la bande, elles favorisent notamment une saison sans gel plus longue que 123 jours, un nombre de degrés-jours de croissance plus grand que 1 563 °C.



Carte 2 : Zones climatiques pour l'agriculture

Nous pouvons supposer qu'à Saint-Fulgence l'influence de la rivière se fait sentir en tempérant les extrêmes de température (quand il n'y a pas de couvert de glace sur la rivière) et en ayant des effets bénéfiques, surtout quand l'eau est plus chaude que l'air ambiant comme cela peut se produire les nuits d'été et aussi en automne, surtout si les vents qui balayent les eaux de la rivière aboutissent sur la berge. Ces phénomènes se produisent sans aucun doute à Saint-Fulgence. Cependant, la bande des terres influencées par la masse d'eau est plutôt mince.

Il est important de mentionner que la population de la municipalité qui est concernée par l'agriculture, et même les gens qui tout simplement vivent là, disent volontiers deux choses. Premièrement, à Saint-Fulgence, la zone de rusticité des plantes est d'un niveau plus élevé que ce que l'on voit sur les cartes officielles. Ces dernières indiquent un zonage de classe 3b alors que, dans la réalité, il s'agirait plutôt de 4a ou de 4b (Canada 2008). Deuxièmement, c'est aux demi-saisons que les contrastes sont les plus évidents. Au printemps, la chaleur est grande sur les terrasses bien exposées et l'été se prolonge à l'automne en raison de la proximité de la rivière.

Somme toute, et autrement dit, il serait intéressant de savoir comment la température à Saint-Fulgence peut différer de celle qui est mesurée dans les alentours et comment un endroit situé à proximité d'une grande masse d'eau (deux kilomètres de large) à Saint-Fulgence se comporte par rapport à un autre endroit localisé à l'intérieur des terres.

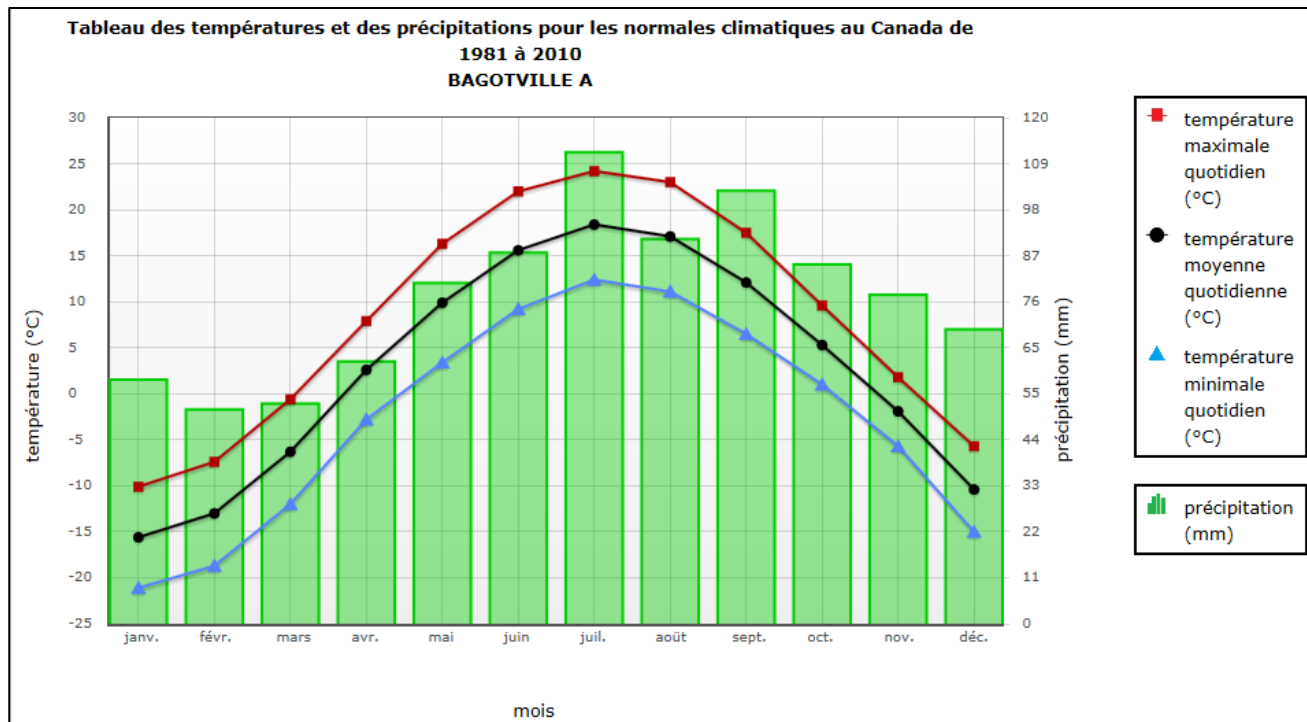


Diagramme 3 : Climatogramme des températures et des précipitations à Bagotville
(http://climate.weather.gc.ca/climate_normals/results_1981_2010_f.html?stnID=5889&autofwd=1)

4.MÉTHODOLOGIE

4.1.Étapes en bref

Juste avant d’entrer dans les détails méthodologiques de la recherche, il est utile de se faire une idée de la démarche qui a été suivie pour la présente recherche. Le diagramme 4 montre les quatre principales étapes de la recherche.

- 1) Les données météorologiques, dont celles de la température, entre Turcotte et Bagotville ont été montées dans une base de données commune;
- 2) les données de température ont été comparées et les écarts ont été analysés;
- 3) les écarts de température ont été mis en regard des conditions météorologiques provenant de la station de Bagotville;
- 4) des résultats sont apparus et ont été interprétés.

4.2.Territoire et localisation

Le territoire à l’étude est localisé dans la municipalité de Saint-Fulgence qui est située dans la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean au Québec (carte 3). Cette municipalité est bordée notamment à l’ouest par la ville de Saguenay et à l’est par la municipalité de Saint-Rose-du-Nord. Elle couvre 394 kilomètres carrés et compte plus ou moins 2 000 habitants.

La zone qui fait partie du projet d’étude sur les microclimats se limite à une bande de 3 kilomètres de large longeant la rivière Saguenay, située au sud, et de 22 kilomètres de long. La topographie s’élève en direction du nord sous forme de terrasses, de talus et de parois en partant du niveau de la mer jusqu’à plus ou moins 300 mètres.

Les deux endroits d'où proviennent les données météorologiques sont à 14 kilomètres l'un de l'autre. Les thermomètres de Turcotte sont situés sur la rive nord de la rivière Saguenay à Saint-Fulgence, en bordure d'une terrasse alluviale en horticulture. Ils sont installés sur une terrasse de 10 mètres d'altitude et ils sont séparés de la rive de la rivière Saguenay de seulement 130 mètres (à marée haute); la rivière constituant un plan d'eau de 2 kilomètres de large comme on l'a indiqué antérieurement (photo 2).

Au sud de la rivière Saguenay, la station de Bagotville est sous la responsabilité de la base militaire de Bagotville (Forces armées canadiennes). Elle est au cœur d'une plaine agricole et entre les deux centres urbanisés que sont Chicoutimi et La Baie (ville de Saguenay). La station est éloignée de la rivière Saguenay de 12 kilomètres. Elle est à 159 mètres en altitude.

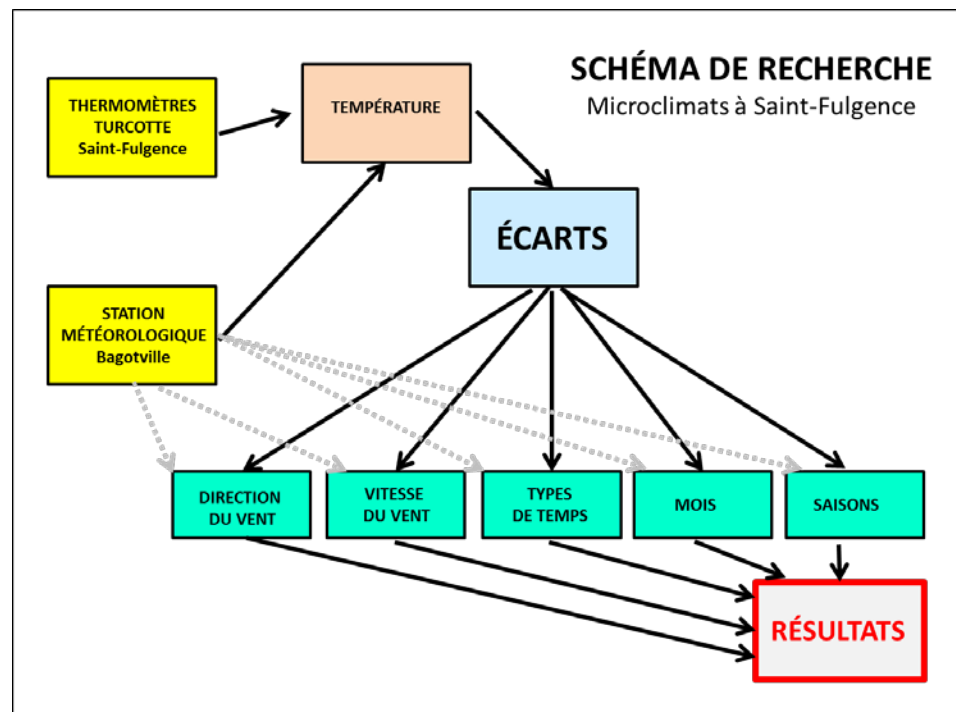


Diagramme 4 : Schéma de recherche



Photo 2 : La rivière Saguenay : une surface d'eau imposante, une masse thermique et un deuxième Soleil (MJG)



Carte 3 : Localisation des deux endroits de prise de données météorologiques : station météorologique de Bagotville et thermomètres de Turcotte (Image Google Earth)

4.3.Données

4.3.1.Source : Saint-Fulgence

Voici les conditions de la collecte des données chez **Turcotte** à Saint-Fulgence. L'endroit où les mesures ont été faites est situé sur une mince terrasse alluviale entre la rivière Saguenay et un versant relativement pentu, accidenté et généralement boisé (carte 4). En plus de la description qui a été faite dans les pages antérieures, il est bon de mentionner que la personne qui a effectué les relevés est un agriculteur retraité, monsieur Roger Turcotte. Ces dernières années, c'est surtout pour son intérêt personnel qu'il recueille les informations météorologiques. Cependant, c'est depuis plus de 30 ans qu'il collige chez lui les données de température pour des fins de gestion des cultures, étant lui-même l'initiateur de la Ferme du Ruisseau, un établissement qui s'adonne encore aujourd'hui essentiellement à la production maraîchère.

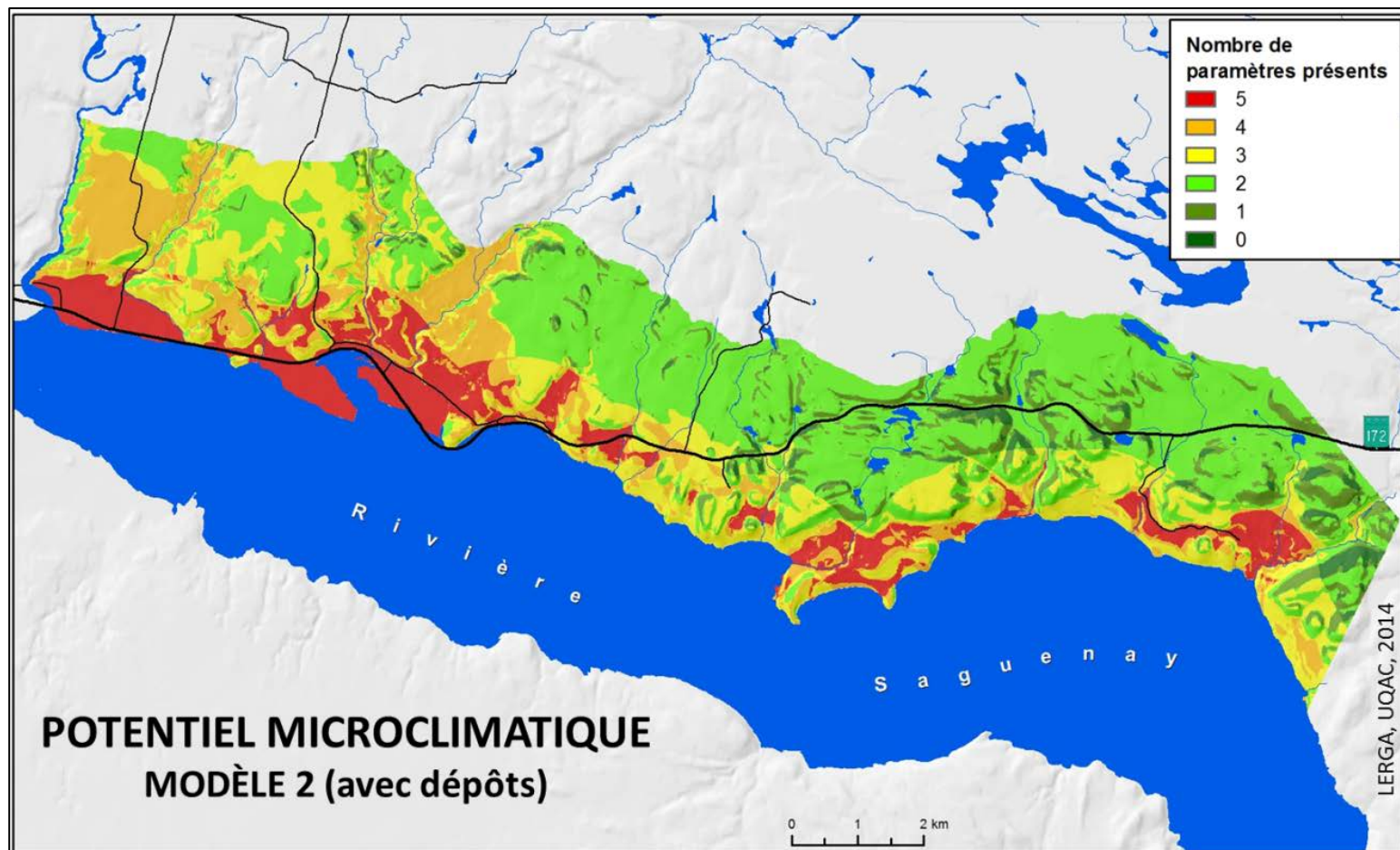
L'endroit où les thermomètres sont installés se situe au cœur même des terres à fort potentiel microclimatique, c'est-à-dire là où se combinent les cinq paramètres favorables à une telle détermination. Ce sont les aires colorées en rouge sur la carte du potentiel climatique (carte 5).

Le dispositif de la prise de la température chez Turcotte ne constitue pas une station météorologique standard. Ce sont des thermomètres simples que l'on trouve dans le commerce. Au cours des dernières années, il s'agit de thermomètres numériques communiquant les mesures à la seconde, notamment celles de la température. Ils sont situés à quelques mètres de la maison.

La prise de données chez Turcotte témoigne d'une valeur incontestable, puisqu'elle a été faite systématiquement, tous les jours, sauf dans de rares cas. Cependant, il faut mentionner que le moment précis de l'enregistrement des données dans un carnet pouvait varier de 60 minutes d'une journée à l'autre (entre 6 h et 7 h du matin). Cela confère à la base de données de Turcotte une certaine imprécision par rapport à un enregistrement qui aurait été effectué à une heure fixe. On verra plus loin que nous sous sommes rabattus sur la température moyenne à 6 h 30 du matin.



Carte 4 : Détails topographiques et couverture du sol chez Turcotte à Saint-Fulgence
(sources : carte topographique au 1: 50 000 et Google Earth)



Carte 5 : Potentiel microclimatique : modèle 2 (avec dépôts)
(les meilleures aires sont en rouge)

Le fait que Turcotte ait utilisé deux types de thermomètres l'un après l'autre, au cours de la période sur laquelle a porté l'étude (2013, 2014 et 2015) a amené une certaine difficulté en matière d'uniformité des données. De plus, le fait que l'un des thermomètres ne fournissait pas les décimales nous a forcés à « vivre avec ». Également, il faut souligner, comme pour tout instrument de mesure, qu'une petite marge d'erreur existe pour ceux utilisés à Saint-Fulgence.

Les thermomètres chez Turcotte sont situés dans un sous-bois (photo 3), c'est-à-dire en bordure d'une forêt mixte adulte où ils sont à l'abri des rayons du soleil. Cette configuration ne facilite pas la comparaison avec une station météorologique standard située en aire dégagée comme à Bagotville. Mais enfin! Par ailleurs, nous savons par la littérature que l'on observe habituellement des températures plus hautes en sous-bois en hiver et plus fraîches en été. Sous couverts forestiers, les minimums sont plus doux et les maximums plus frais que dans les espaces ouverts (Joly, 2015). Peut-être aurions-nous dû tenir compte de la hauteur de la marée, car l'eau couvre l'estran lors des hautes marées se rapprochant à quelques dizaines de mètres de chez Turcotte (photo 4). Malheureusement, c'est une dimension que nous n'avons pas analysée lors de la présente étude.

Au cours de la période étudiée (2013, 2014 et 2015), Turcotte a fait appel à deux thermomètres différents tant par la marque que par leur précision. Durant les premiers 29 mois et demi, les données ont été récoltées grâce à un thermomètre de marque Acurite et exprimées en chiffres ronds, sans décimales, mais quand même en degrés Celcius. Pour les autres mois, commençant à la mi-mai 2015, les données ont été prises grâce à un thermomètre de marque La Crosse affichant des degrés Celcius avec une décimale tandis qu'à Bagotville tous les relevés possèdent une décimale. L'annexe D présente la description des thermomètres utilisés dans le dispositif de Turcotte et ceux auxquels nous avons fait appel pour l'opération de calibration.



Photo 3 : Bordure forestière dans laquelle sont localisés les thermomètres de Turcotte à Saint-Fulgence (Google Earth)



Photo 4 : Champ en horticulture situé entre la résidence de Turcotte et la rivière Saguenay (Google Earth)

4.3.2.Source : station météorologique de Bagotville

À Bagotville, nous avons affaire à une station météorologique standard comportant un abri de type Stevenson comme nous le montre la photo 5. Il a été facile de choisir cette station, car elle est proche de Saint-Fulgence et elle diffuse plusieurs informations météorologiques et, surtout, cela se fait quotidiennement et toutes les heures du jour. Elle est intégrée à l'organisation météorologique mondiale.

La station est située sur la base militaire de Bagotville et est installée en terrain dégagé. Les thermomètres sont reliés à un système numérique qui enregistre plusieurs données comme la température ambiante et d'autres conditions météorologiques. Plusieurs données météorologiques sont disponibles et archivées tous les jours de l'année et toutes les heures du jour. Ainsi, il est possible de savoir quelle température il faisait à une heure précise tel jour. Des informations utiles sur des conditions météorologiques qui prévalaient à ces moments-là nous étaient également livrées (Canada 2016b).

Dans le cas de cette recherche, ce sont les relevés faits à 6 h et à 7 h du matin (toujours à l'heure normale de l'Est) qui nous intéressent. Cela concerne bien sûr les données en degrés Celcius pour la température, mais aussi des variables dites explicatives et utiles à la compréhension de la question de recherche, comme la direction du vent, la vitesse du vent, le temps qu'il fait et aussi le jour, le mois et l'année. Le tableau 2 qui suit illustre la manière avec laquelle sont diffusées les données sur le Web. Dans les faits, et aux fins de comparaison avec les données relevées chez Turcotte, la température retenue pour Bagotville a été la moyenne calculée de la température à 6 h et à 7 h du matin, donnant ainsi la température à 6 h 30.



Photo 5 : Parc instrumental à Bagotville
Station météorologique avec abri Stevenson
(photo G. Slauenwhite)

[← Jour précédent](#)
2014
juillet
27
Allez
[Jour suivant →](#)

Rapport de données horaires pour le 27 juillet 2014

	<u>Temp.</u> °C 	<u>Point de rosée</u> °C 	<u>Hum. rel.</u> % 	<u>Dir. du vent</u> 10's deg	<u>Vit. du vent</u> km/h 	<u>Visibilité</u> km 	<u>Pression à la station</u> kPa 	<u>Hmdx</u>	<u>Refroid. éolien</u>	<u>Temps</u>
HEURE										
00:00	17,0	15,4	90	16	4	24,1	98,79			Nuageux
01:00	16,5	15,1	91	14	4	24,1	98,75			Généralement nuageux
02:00	16,1	14,7	91	16	4	24,1	98,74			Généralement nuageux
03:00	14,7	13,6	93	11	4	24,1	98,72			Généralement dégagé
04:00	15,0	14,2	95		0	40,2	98,73			Généralement nuageux
05:00	14,5	13,5	94	12	6	40,2	98,74			Généralement nuageux
06:00	15,5	15,0	97	9	9	40,2	98,72			Nuageux
07:00	16,3	14,5	89	9	7	40,2	98,69			Nuageux

Tableau 2 : Exemple d'un tableau des relevés météorologiques par jour et par heure pour Bagotville
Fourni par Environnement Canada.

http://climat.meteo.gc.ca/climateData/hourlydata_f.html?timeframe=1&Prov=&StationID=5889&hlyRange=1953-01-01|2014-11-27&Year=2014&Month=7&Day=27

4.4.Traitement des données et étapes de réalisation

4.4.1.Nombre de jours

Les données ont été montées dans une base de données commune dans laquelle les données originales de Turcotte et celles de la station de Bagotville ont été intégrées.

On peut supposer que les trois années complètes sur lesquelles porte l'étude formeraient un tableau comprenant une colonne composée de 1 095 jours s'il y avait de l'information pour tous les jours. Cela n'a pas été le cas, car il y avait des données non disponibles. Dans les faits, quand il s'est agi d'analyser les données sur les 36 mois, le tableau final ne contenait que 1 046 jours. Lorsque nous avons porté l'analyse sur les 9 mois qui excluent les mois d'hiver (décembre, janvier et février), le tableau contenait 778 jours. Il est à signaler que la réduction du nombre de jours correspond à des moments où il n'y a pas eu de collecte à Saint-Fulgence; cela concerne surtout le mois de mai 2015 pour lequel il manque les 15 premiers jours. Ailleurs, ce sont des vides accidentels de même nature.

4.4.2.Calibration des données de Turcotte

Nous avons dû tenir compte des changements d'heures, car à Bagotville les mesures sont publiées tout au long de l'année à l'heure normale locale (heure normale de l'Est).

Comme les deux endroits, Turcotte et Bagotville, ne possédaient pas les mêmes équipements, il a fallu calibrer les thermomètres. Autrement dit, nous devons savoir quelle serait la température que mesurerait une station identique à celle de Bagotville si elle était chez Turcotte. En théorie, selon les lois de la physique, comme les thermomètres de Turcotte sont situés à un relief plus bas de 149 mètres que la station de Bagotville (gradient thermique de réchauffement de 0,5 °C par 100 mètres) la température relevée chez Turcotte serait toujours supérieure de 0,745 °C.

La **calibration** des thermomètres a été réalisée à deux moments. Ainsi, deux thermomètres mobiles ont été disposés dans l'abri de la station de Bagotville. Les deux thermomètres mobiles étaient sensiblement identiques à ceux utilisés à Saint-Fulgence, c'est-à-dire de la même marque, mais de modèles légèrement différents. Le 1^{er} octobre 2014 ont été notées la température indiquée par le thermomètre officiel et celle des deux thermomètres mobiles; en même temps, monsieur Turcotte notait celle de ses

thermomètres. Le 3 octobre 2014, les deux thermomètres mobiles ont été déplacés et installés à côté de ceux de Saint-Fulgence. C'est là que nous avons noté les valeurs de température chez Turcotte et celles provenant de Bagotville à deux heures précises. De l'opération d'ajustement, et après réflexion, il en a résulté que, pour le thermomètre Acurite de Turcotte, il fallait soustraire 1 °C à ceux de Saint-Fulgence et que pour le thermomètre La Crosse de Turcotte, il fallait soustraire 0,4 °C.

À la suite de cette calibration des températures entre les thermomètres de Turcotte et celui de Bagotville, nous n'avons pas été totalement satisfaits de ce que nous avons obtenu pour ceux de Turcotte. Cela a mené à une bonne hésitation. Pouvions-nous mettre les résultats ensemble? C'est pourquoi des traitements supplémentaires ont été nécessaires. La solution que nous avons prise a été celle de la **standardisation**, notamment en ce qui concerne les écarts de température entre les deux endroits. La standardisation a consisté à tenir compte des résultats obtenus sur les différences de température concernant chacun des thermomètres et à calculer les écarts à la moyenne en degrés Celcius pour les deux périodes de mesures prises séparément. Ainsi, peu importe le thermomètre utilisé chez Turcotte, les deux séries de données devenaient comparables.

4.5. Constitution de la base de données

La base de données a été constituée dans Excel où les informations originales ont été inscrites de manière à pouvoir effectuer les analyses prévues.

Les variables apparaissent dans l'ordre suivant :

En ce qui a trait aux jours et à la température :

- **date du jour pour les 36 mois** (2013, 2014 et 2015);
- **température originale chez Turcotte** : relevée entre 6 h et 7 h du matin en degrés Celcius;
- **température ajustée chez Turcotte** : en fonction de la calibration en degrés Celcius;
- **température à Bagotville** : moyenne calculée entre 6 h et 7 h du matin, en degrés Celcius;
- **écarts** de température standardisés entre les données ajustées de température chez Turcotte et à Bagotville (Turcotte moins Bagotville), en degrés Celcius.

Sur le plan des conditions météorologiques :

- **direction du vent** : direction d'où le vent souffle; exprimée en degrés par tranche de dix; provient de ce qui a été mesuré à Bagotville à 7 h du matin.
- **vitesse du vent** : déplacement de l'air exprimé en km/h et généralement observé à 10 mètres du sol; provient de ce qui a été mesuré à Bagotville à 7 h du matin.
- **temps** qu'il faisait : état de l'atmosphère à un moment donné considéré surtout dans son influence sur la vie et l'activité humaines (Larousse)
- **saison** : année divisée en quatre saisons : printemps, été, automne et hiver;
- **mois** : les 12 mois de l'année.

Pour des fins d'analyse (chose que l'on verra plus loin), certaines variables ont été mises en catégories.

5.RÉSULTATS

Les principaux résultats prennent plusieurs formes. Il s'agit d'abord des comparaisons de température entre le dispositif météorologique (la station) de Turcotte et la station météorologique de Bagotville ainsi que la variation des écarts de température quotidienne à 6 h 30 du matin entre les deux endroits.

Ces premiers résultats portent uniquement sur l'ensemble des mois allant de mars à novembre inclusivement. Cela permet de se concentrer sur la période qui écarte les mois d'hiver où l'activité biologique est à son plus bas.

Puis, il y a un essai de description et d'explication des conditions qui prévalent, notamment lorsque la station de Turcotte enregistre des écarts positifs et négatifs significatifs par rapport à la station météorologique de Bagotville.

5.1.Comparaison des températures entre les thermomètres

5.1.1.Thermomètres différents

On se rappellera qu'il a été difficile de calibrer les thermomètres de Turcotte par rapport à celui de la station de Bagotville. Il y a eu utilisation de deux thermomètres différents à Saint-Fulgence : un premier sur une période de 29 mois et demi, et un autre pendant 6 mois et demi. Il fallait mettre au point une formule de standardisation qui permette au moins de jumeler les données et de les analyser comme un seul corpus.

On se rappellera aussi que les données de Turcotte enregistrées par le premier thermomètre ne fournissaient pas les décimales. Ainsi, une valeur de 10 pouvait signifier des chiffres allant de 9,5 à 10,4. Pour des fins de simplification, nous avons cru bon de les intégrer telles quelles et de les comparer à celles de Bagotville même si ces dernières possédaient une décimale.

5.1.2.Première description des données originales

Comme le lieu où se déroule la recherche est situé dans un climat continental tempéré à été frais, il faut naturellement s'attendre à trouver des températures sous zéro degré Celcius en hiver et d'autres passablement chaudes en été.

À la suite d'une opération d'ajustement des données provenant des deux thermomètres de Turcotte et après l'uniformisation par standardisation des écarts de température entre les deux stations, il a été possible de produire le tableau 3 et celui mis à l'annexe E. Le tableau met en parallèle les 2 endroits, les 3 années et les 12 mois compris dans la période d'étude.

Bien que tous les chiffres qui y apparaissent ne puissent être analysés, il est possible cependant de se concentrer sur quelques points spécifiques à chaque endroit et d'autres liés à leur comparaison. La température moyenne chez Turcotte à 6 h 30 descend au plus bas au mois de janvier 2013 avec -15,97 °C , avec -17,77°C en janvier 2014, et au mois de février 2015 avec -25,57 °C (diagramme 5). Elle est au plus haut au mois de juillet 2013 avec 13,77 °C, avec 14,74 °C en juillet 2014 et au mois d'août 2015 avec 15,31 °C. En gros, l'amplitude entre ces moyennes tourne à plus de 30 °C.

On ne s'étonnera pas de constater qu'à Bagotville, on obtient des valeurs qui ne sont pas très loin de celles de Turcotte, mais avec des différences relativement petites favorisant Bagotville autour de 1 °C. Selon nous, l'avantage thermique que nous supposons exister chez Turcotte pourrait se présenter à des moments privilégiés : des moments, des pics étêtés, par la généralisation du calcul des moyennes. Plus loin, nous allons analyser cela en détail.

Un bref coup d'œil sur l'ensemble des températures chez Turcotte indique qu'il y a une grande marge entre les mois d'hiver et les mois d'été (tableau 3) : l'été étant plus frais chez Turcotte et l'hiver plus froid.

	Degrés Celcius : 2013	Degrés Celcius : 2014	Degrés Celcius : 2015
Turcotte : haut	13,77 (juill.)	14,74 (juill.)	15,31 (août)
Bagotville : haut	15,44 (juill.)	16,20 (juill.)	15,56 (août)
Turcotte : bas	-15,97 (janv.)	-17,77 (janv.)	-25,57 (févr.)
Bagotville : bas	-15,79 (janv.)	-16,36 (janv.)	-24,35 (févr.)

Tableau 3 : Moyennes de température des mois les plus froids et les plus chauds chez Turcotte et à Bagotville

Il est à remarquer par ailleurs qu'il y a une grande amplitude des températures mesurées à 6 h 30 du matin d'une journée à l'autre. Le diagramme 6 illustre ces observations : la température oscille beaucoup et cela se passe surtout pour les valeurs au-dessus de 0 °C. En ce qui concerne Saint-Fulgence, la moyenne est de 2,39 °C avec une étendue de 14,9 °C, c'est-à-dire de -2,9 °C à 12,0 °C. En ce qui a trait à Bagotville, la moyenne est plus basse, soit de 1,82 °C avec une étendue comparable de 15,2 °C, c'est-à-dire allant de -4,35 °C à 10,35 °C.

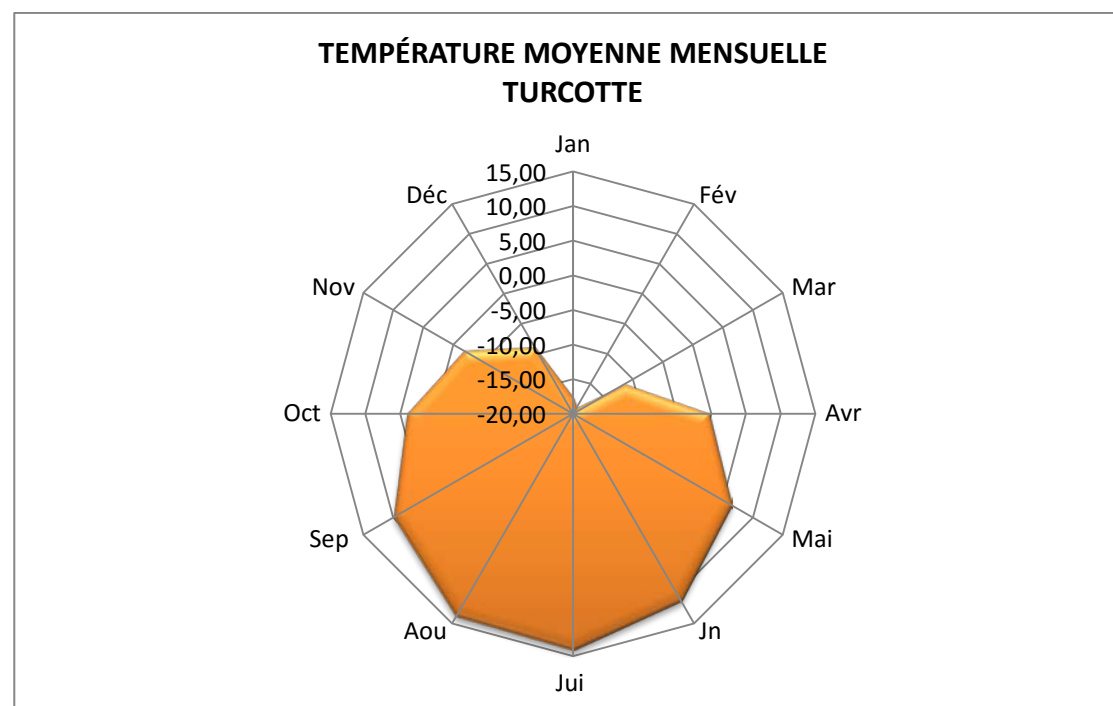


Diagramme 5 : Température moyenne mensuelle chez Turcotte
calculée à partir des moyennes des mois pour chacune des trois années (2013, 2014 et 2015)

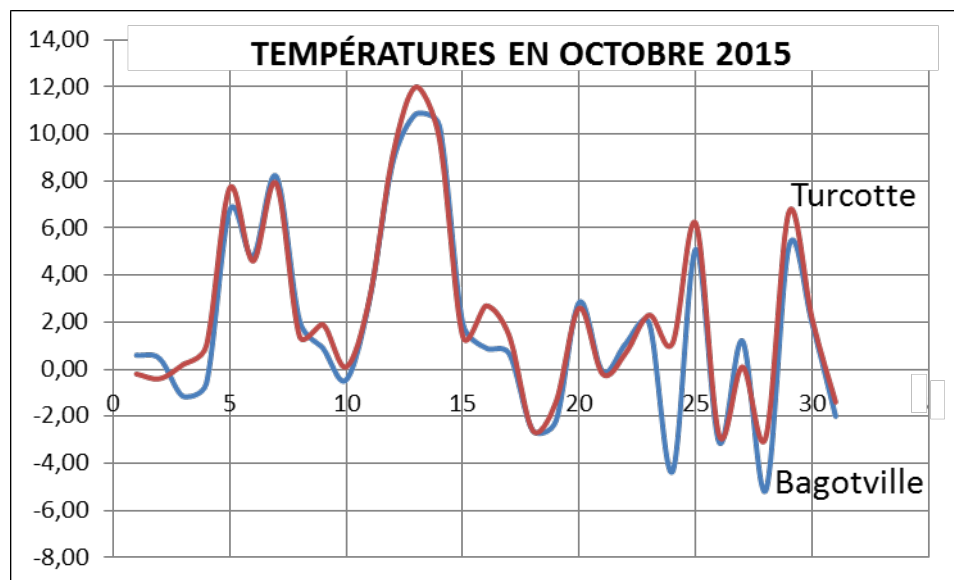


Diagramme 6 : Températures en octobre 2015 (°C): variation quotidienne

5.2.Écarts uniformisés entre les thermomètres

Comme on l'a vu plus haut, une opération d'uniformisation a été nécessaire. C'est ainsi que chez Turcotte toutes les données provenant du premier thermomètre ont été converties en écarts à la moyenne (standardisation) et cela a été effectué pour les

données provenant du deuxième thermomètre¹⁴. En fin de compte, nous obtenons une série de données révélant surtout les écarts à la moyenne : cela facilite la comparaison de toutes les données.

5.3. Conditions météorologiques prévalant chaque jour

C'est grâce à l'analyse de contingence¹⁵ qu'il a été possible de déterminer les relations qui existent sur les fréquences entre les variables (on peut aussi parler de caractéristiques) prises par paires de deux.

Afin d'analyser statistiquement les conditions météorologiques prévalant pour chacune des catégories d'écarts entre les deux endroits, il faut mettre en regard ces écarts avec chacune des caractéristiques qui nous apparaissent les plus importantes. C'est ainsi que nous avons voulu expliquer sous quelles conditions varient les écarts de température entre les deux stations. Autrement dit, est-ce que les écarts sont associés à la direction du vent, à la vitesse du vent, au type de temps (ciel dégagé, nuageux...), aux mois de l'année et aux saisons?

En termes d'analyse statistique, les écarts forment la variable dépendante (l'effet) et les conditions météorologiques constituent les variables indépendantes, c'est-à-dire les explications (les causes).

5.3.1. Écarts de température

Disons d'abord que les écarts ont été regroupés en catégories numérotées de 1 à 5 où 1 correspond aux plus grands écarts négatifs et où 5 représente les écarts les plus positifs; la catégorie 3 étant les valeurs proches de la moyenne. Les fréquences ayant été classées en fonction de la courbe normale, on s'attend à ce que la classe centrale accapare le plus grand nombre des 778 cas et que les classes périphériques en aient moins. La mise en classe repose sur l'analyse descriptive des données basée sur l'utilisation des

¹⁴ La moyenne des écarts provenant du thermomètre Acurite chez Turcotte était de -0,55 °C et celle du thermomètre La Crosse était de -0,05 °C.

¹⁵ Il s'agit d'une méthode statistique décrivant et mesurant le degré d'association entre deux variables et également se traduisant par le coefficient de contingence. Ce n'est ni plus ni moins qu'une méthode de corrélation : elle prend la forme de ce que l'on appelle souvent des tableaux croisés. L'analyse statistique a été effectuée grâce au logiciel Statview.

écarts-types (σ). La classe centrale va de $-0,5 \sigma$ à $+0,5 \sigma$; la classe des grands écarts négatifs se situe entre $-1,5 \sigma$ et $-0,5 \sigma$; celle des très grands écarts négatifs est inférieure à $-1,5 \sigma$. Les grands écarts positifs vont de $+0,5 \sigma$ à $+1,5 \sigma$ tandis que les très grands écarts positifs dépassent $+1,5 \sigma$.

Dans le cas qui nous intéresse, 26 % sont inférieurs à la classe moyenne et 38 % supérieurs. La répartition de leur fréquence apparaît dans le tableau 4.

Catégorie des écarts	Description	(°C)	Nombre de jours	(%)
1	Très grands écarts négatifs	$< -3,41$	53	6,8
2	Grands écarts négatifs	$-3,41$ à $-1,73$	136	17,5
3	Écarts autour de la moyenne	$-1,72$ à $-0,41$	292	37,5
4	Grands écarts positifs	$-0,40 \sigma$ à $+1,64$	267	34,3
5	Très grands écarts positifs	$> +1,64$	30	3,9
Total			778	100,0

Tableau 4 : Fréquences des écarts de température selon les cinq catégories

5.3.2.Direction du vent

En raison de la configuration du terrain à l'étude formant une diagonale sud-ouest–nord-est, la direction du vent prévalant au cours de la période analysée a été mise en trois catégories : **0**: absence de vent pour 8,6 % des cas; **1**: vent provenant de l'est, du sud-est, du sud et du sud-ouest, pour 42,7 % (nous les appellerons *SUD*); **2**: vent provenant de l'ouest, du nord-ouest, du nord et du nord-est, pour 48,7 % (nous les appellerons *NORD*). Bref, il fallait distinguer d'une manière simple les vents qui passaient sur la masse d'eau de ceux qui provenaient des terres (diagramme 7).

Il faut signaler par ailleurs que la direction des vents locaux qui peuvent se produire chez Turcotte ne nous est pas connue. Il est bien possible que, par temps calme, il y ait présence de vents légers de mer ou de terre formés par les contrastes locaux de température pouvant être expliquée par la thermodynamique.

Les informations sur les vents chez Turcotte sont incomplètes dans la mesure où on ne connaît pas le rôle que jouent les vents catabatiques froids descendant des terres plus élevées en altitude.

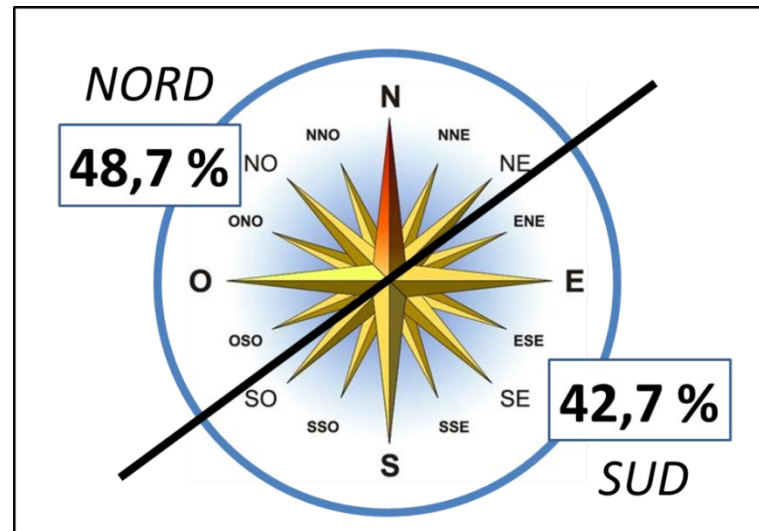


Diagramme 7 : Mise en deux catégories de la direction du vent quand il souffle

L'observation des tableaux 5, 6 et 7 à double entrée laisse voir que :

- quand le vent vient du *SUD*, 43 % des écarts positifs sont plus présents alors que les écarts négatifs ne comptent que pour 19 %;
- quand le vent vient du *NORD*, il n'y a pas d'extrêmes positifs (1,2 %); par contre, il y a plus d'écarts extrêmes négatifs (10,2 %);
- les écarts positifs les plus grands arrivent à une fréquence de 89 % quand il y a des vents du *SUD*;
- les écarts négatifs les plus grands se produisent surtout quand les vents viennent du *NORD* avec un taux de 64 %.

Il n'en reste pas moins que l'association entre les écarts de température et la direction du vent demeure faible, car le coefficient de contingence¹⁶ n'est que de 0,188 : il demeure malgré tout significatif sur le plan statistique.

Fréquences observ. pour ECARTS, DIRV				
	0	1	2	Totaux
1	4	34	15	53
2	15	64	57	136
3	29	119	144	292
4	17	111	139	267
5	2	4	24	30
Totaux	67	332	379	778

Tableau 5 : Fréquences observées des écarts de température et de la direction du vent

¹⁶ Le coefficient de contingence mesure le degré d'association, de liaison entre deux variables mises en catégories. Il est possible de l'interpréter comme un coefficient de corrélation où les valeurs s'étalent de 0 (signifiant aucune association) à 1,0 (indiquant une association parfaite) (en fait, dans l'analyse de contingence, le coefficient d'association parfaite n'atteint pas tout à fait la valeur 1,0).

Pourcent. du total des lignes pour ECARTS, DIRV				
	0	1	2	Totaux
1	7,547	64,151	28,302	100,000
2	11,029	47,059	41,912	100,000
3	9,932	40,753	49,315	100,000
4	6,367	41,573	52,060	100,000
5	6,667	13,333	80,000	100,000
Totaux	8,612	42,674	48,715	100,000

Tableau 6 : Pourcentages des directions du vent sur les écarts de température

Pourcent. du total des col. pour ECARTS, DIRV				
	0	1	2	Totaux
1	5,970	10,241	3,958	6,812
2	22,388	19,277	15,040	17,481
3	43,284	35,843	37,995	37,532
4	25,373	33,434	36,675	34,319
5	2,985	1,205	6,332	3,856
Totaux	100,000	100,000	100,000	100,000

Tableau 7 : Pourcentages des écarts de température sur les directions du vent

5.3.3.Vitesse du vent

La vitesse du vent a été mise en quatre catégories. Voici la fréquence de chacune : la catégorie **0**, c'est-à-dire les jours calmes, compose 8,2 % de l'ensemble; la catégorie **1**, que nous appellerons vent léger (très légère brise, légère brise et petite brise; de 1 km/h à 11 km/h), souffle à une fréquence de 41,3 %; la catégorie **2**, appelée vent moyen (bonne brise et vent frais; de 12 km/h à 16 km/h), est présente 39,7 % du temps; tandis que la catégorie **3** de vent fort (vent frais et grand frais; de 17 km/h à 52 km/h) présente une fréquence de 10,8 % (annexe F) (voir les tableaux 8, 9 et 10).

L'observation sur la liaison qu'il y a entre les écarts et la vitesse du vent indique ce qui suit :

- les vents les plus forts coïncident avec 55 % des grands écarts positifs; cela est 5 fois plus important que les grands écarts négatifs;
- parmi tous les très grands écarts positifs, ce sont des conditions de vents légers qui prédominent dans 77 % des cas;
- les très grands écarts négatifs ou positifs ne se produisent jamais par fort vent.

Sur le plan statistique, l'association entre les caractéristiques n'est pas très forte avec un coefficient de contingence de 0,111.

Fréquences observ. pour ECARTS, VITV					
	0	1	2	3	Totaux
1	4	17	18	0	39
2	12	57	35	2	106
3	20	81	109	17	227
4	13	50	63	21	147
5	1	10	2	0	13
Totaux	50	215	227	40	532

Tableau 8 : Fréquences observées des écarts de température et de la vitesse du vent

Pourcent. du total des lignes pour ECARTS, VITV					
	0	1	2	3	Totaux
1	10,256	43,590	46,154	0,000	100,000
2	11,321	53,774	33,019	1,887	100,000
3	8,811	35,683	48,018	7,489	100,000
4	8,844	34,014	42,857	14,286	100,000
5	7,692	76,923	15,385	0,000	100,000
Totaux	9,398	40,414	42,669	7,519	100,000

Tableau 9 : Pourcentages de la vitesse du vent sur des écarts de température

Pourcent. du total des col. pour ECARTS, VITV					
	0	1	2	3	Totaux
1	8,000	7,907	7,930	0,000	7,331
2	24,000	26,512	15,419	5,000	19,925
3	40,000	37,674	48,018	42,500	42,669
4	26,000	23,256	27,753	52,500	27,632
5	2,000	4,651	,881	0,000	2,444
Totaux	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

Tableau 10 : Pourcentages des écarts de température sur la vitesse du vent

5.3.4. Temps qu'il fait

Les différentes catégories du temps notées lors de la prise des mesures à Bagotville sont au nombre de cinq : la catégorie **1** regroupant les moments où le ciel est dégagé ou généralement dégagé compte pour 28,7 % des jours; la catégorie **2** où le ciel est nuageux ou généralement nuageux possède une fréquence de 47,4 %; la catégorie 3 où il y a du brouillard ou de la bruine n'occupe que 1,7 % des cas; la catégorie **4** où il pleut est composée de 14,5 % des cas; et la catégorie **5** où il neige forme 7,7 % des cas (voir les tableaux 11, 12 et 13).

L'association qui existe entre les écarts de température et le temps qu'il fait se résume à ceci :

- quand il neige, les grands écarts positifs sont nettement plus fréquents avec 55 % des jours;
- 63 % de tous les très grands écarts positifs se produisent quand le temps est nuageux ou généralement nuageux;
- 49 % de tous les très grands écarts négatifs arrivent par ciel dégagé ou généralement dégagé;
- 52 % de tous les grands écarts négatifs se produisent par temps nuageux ou généralement nuageux.

La relation statistique entre les deux caractéristiques est la plus élevée avec un coefficient de contingence de 0,240.

Fréquences observ. pour ECARTS, TEMPS						
	1	2	3	4	5	Totaux
1	26	21	0	5	1	53
2	47	72	1	11	5	136
3	70	136	9	57	20	292
4	71	121	3	39	33	267
5	9	19	0	1	1	30
Totaux	223	369	13	113	60	778

Tableau 11 : Fréquences observées des écarts de température et du temps qu'il fait

Pourcent. du total des lignes pour ECARTS, TEMPS						
	1	2	3	4	5	Totaux
1	49,057	39,623	0,000	9,434	1,887	100,000
2	34,559	52,941	,735	8,088	3,676	100,000
3	23,973	46,575	3,082	19,521	6,849	100,000
4	26,592	45,318	1,124	14,607	12,360	100,000
5	30,000	63,333	0,000	3,333	3,333	100,000
Totaux	28,663	47,429	1,671	14,524	7,712	100,000

Tableau 12 : Pourcentages des écarts de température sur le temps qu'il fait

Pourcent. du total des col. pour ECARTS, TEMPS						
	1	2	3	4	5	Totaux
1	11,659	5,691	0,000	4,425	1,667	6,812
2	21,076	19,512	7,692	9,735	8,333	17,481
3	31,390	36,856	69,231	50,442	33,333	37,532
4	31,839	32,791	23,077	34,513	55,000	34,319
5	4,036	5,149	0,000	,885	1,667	3,856
Totaux	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

Tableau 13 : Pourcentages du temps qu'il fait sur les écarts de température

5.3.5.Mois de l'année

5.3.5.1.Données de la variation des écarts de température selon les mois

La répartition des fréquences selon les neuf mois de l'année durant lesquels l'analyse porte prend la forme suivante. Le nombre de données par mois varie de 70 à 93; on se rappellera que nous avons dû écarter plusieurs jours du mois d'avril 2015, car il manquait

des relevés à la station Turcotte (tableau 14). Nous avons aussi éliminé quelques jours répartis sur d'autres mois en raison du manque d'information à la station Turcotte. Cela explique par conséquent la variation des fréquences exprimées en pourcentages.

Mois	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Oct.	Nov.
Nb	88	70	91	86	88	82	90	93	90
%	11,3	9,0	11,7	11,1	10,3	11,5	11,6	12,0	11,5

Tableau 14 : Nombre de jours par mois compris dans l'analyse et leur pourcentage sur l'ensemble des trois années

La répartition des écarts selon les mois de l'année révèle des choses intéressantes. Le calcul des écarts totaux de température entre Turcotte et Bagotville, exprimés par la moyenne des moyennes de chaque année, indique qu'il y a présence de valeurs négatives et révèle surtout une structure où les mois d'automne et de début d'hiver (octobre, novembre et décembre) sont relativement plus chauds et où le mois de juillet est relativement plus frais¹⁷ (diagramme 8). Un patron semblable se dessine et corrobore la structure précédente quand est calculé le pourcentage des données positives par mois (diagramme 9).

¹⁷ Il ne faut pas se surprendre que les moyennes par mois soient négatives. Cela est sans doute dû au fait que les valeurs négatives sont plus prononcées que les valeurs positives.

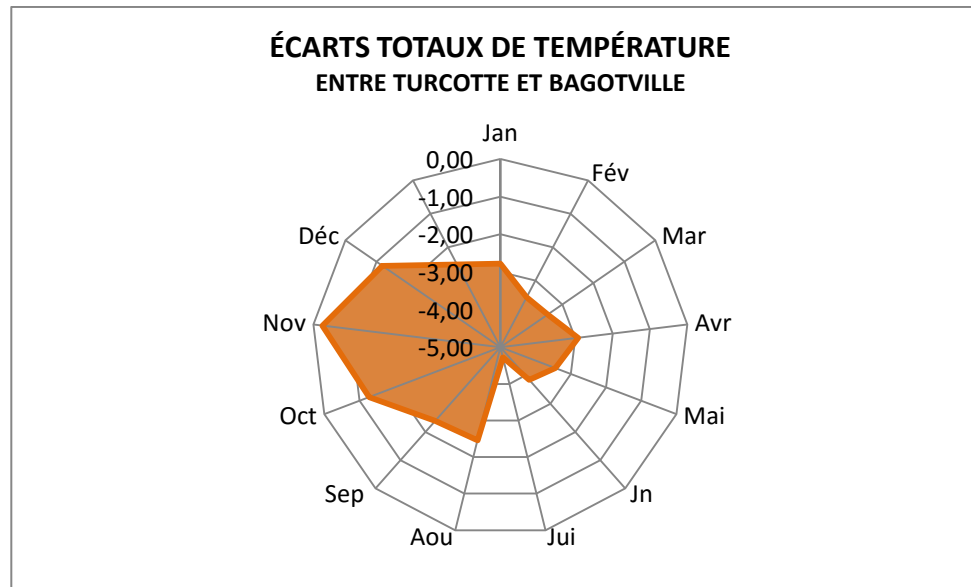


Diagramme 8 : Écarts totaux de température entre Turcotte et Bagotville (°C)
en calculant la moyenne des moyennes des mois pour chacune des trois années

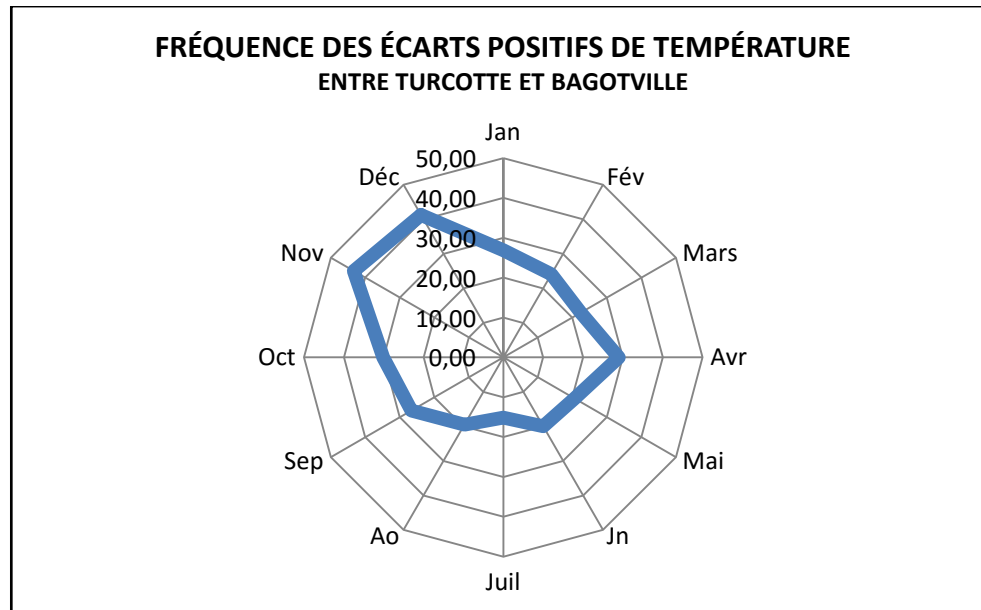


Diagramme 9 : Fréquences des écarts positifs de température entre Turcotte et Bagotville selon les mois

5.3.5.2. Analyse de contingence entre les écarts et les mois

De l'analyse de contingence, nous pouvons voir les valeurs aux tableaux 15, 16 et 17 et dégager les points suivants :

- en mars, les très grands écarts négatifs dominent avec 16 % des cas;
- en juin, les très grands écarts négatifs dominent avec 21 %;
- en octobre et en novembre, les grands écarts positifs s'imposent avec respectivement 47 % et 57 % des cas;
- en général dans les mois de juin et de juillet, les écarts négatifs sont plus fréquents que les écarts positifs : respectivement 33 % par rapport à 15 % et 40 % par rapport à 12 %;

Le coefficient de contingence est le plus élevé avec 0,240.

Fréquences observ. pour ECARTS, MOIS										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totaux
1	9	4	8	11	10	3	5	1	2	53
2	16	12	16	17	29	12	19	8	7	136
3	32	28	42	34	26	40	30	37	23	292
4	28	24	22	22	22	25	29	44	51	267
5	3	2	3	2	1	2	7	3	7	30
Totaux	88	70	91	86	88	82	90	93	90	778

Tableau 15 : Fréquences observées des écarts de température et des mois

Pourcent. du total des lignes pour ECARTS, MOIS										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totaux
1	16,981	7,547	15,094	20,755	18,868	5,660	9,434	1,887	3,774	100,000
2	11,765	8,824	11,765	12,500	21,324	8,824	13,971	5,882	5,147	100,000
3	10,959	9,589	14,384	11,644	8,904	13,699	10,274	12,671	7,877	100,000
4	10,487	8,989	8,240	8,240	8,240	9,363	10,861	16,479	19,101	100,000
5	10,000	6,667	10,000	6,667	3,333	6,667	23,333	10,000	23,333	100,000
Totaux	11,311	8,997	11,697	11,054	11,311	10,540	11,568	11,954	11,568	100,000

Tableau 16 : Pourcentages des écarts de température sur les mois

Pourcent. du total des col. pour ECARTS, MOIS										
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Totaux
1	10,227	5,714	8,791	12,791	11,364	3,659	5,556	1,075	2,222	6,812
2	18,182	17,143	17,582	19,767	32,955	14,634	21,111	8,602	7,778	17,481
3	36,364	40,000	46,154	39,535	29,545	48,780	33,333	39,785	25,556	37,532
4	31,818	34,286	24,176	25,581	25,000	30,488	32,222	47,312	56,667	34,319
5	3,409	2,857	3,297	2,326	1,136	2,439	7,778	3,226	7,778	3,856
Totaux	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000	100,000

Tableau 17 : Pourcentages des mois sur les écarts de température

5.3.6.Saisons

Afin de réduire l'information relative aux neuf mois, précédemment vus d'une manière individuelle, voici l'analyse basée sur les trois saisons durant lesquelles porte l'étude. La catégorie **1**, qui correspond au printemps (mars, avril et mai), compte 250 cas (32,1 %); la catégorie **2** est l'été (juin, juillet et août) avec 255 cas (32,8 %); la catégorie **3** correspondant à l'automne (septembre, octobre et novembre) comprend 273 cas (35 %).

Les relations qui se dégagent de la confrontation des écarts et des saisons sont illustrées d'une manière chiffrée aux tableaux 18, 19 et 20 et sont interprétées comme suit :

- les plus grands écarts négatifs sont rares en automne, avec seulement 15 % des cas;
- les plus grands écarts positifs apparaissent surtout à l'automne avec 57 % des cas; il en est ainsi pour les grands écarts positifs qui ont une fréquence de 46 %;
- paradoxalement, au printemps, il y a plus d'écarts positifs que d'écarts négatifs (33 % par rapport à 26 %);

- à l'automne, ce sont les grands écarts positifs qui dominent avec 45 %;
- en été, les très grands écarts (positifs et négatifs) sont presque absents.

La relation statistique entre les deux variables est peu élevée à 0,226.

Fréquences observ. pour ECARTS, SAISONS				
	1	2	3	Totaux
1	22	23	8	53
2	44	58	34	136
3	102	100	90	292
4	74	69	124	267
5	8	5	17	30
Totaux	250	255	273	778

Tableau 18 : Fréquences observées des écarts de température et des saisons

Pourcent. du total des lignes pour ECARTS, SAISONS				
	1	2	3	Totaux
1	41,509	43,396	15,094	100,000
2	32,353	42,647	25,000	100,000
3	34,932	34,247	30,822	100,000
4	27,715	25,843	46,442	100,000
5	26,667	16,667	56,667	100,000
Totaux	32,134	32,776	35,090	100,000

Tableau 19 : Pourcentages des écarts de température sur les saisons

Pourcent. du total des col. pour ECARTS, SAISONS				
	1	2	3	Totaux
1	8,800	9,020	2,930	6,812
2	17,600	22,745	12,454	17,481
3	40,800	39,216	32,967	37,532
4	29,600	27,059	45,421	34,319
5	3,200	1,961	6,227	3,856
Totaux	100,000	100,000	100,000	100,000

Tableau 20 : Pourcentages des saisons sur les écarts de température

Avant de passer à l'expression de grandes tendances, regardons le tableau synthèse qui montre dans quelle mesure les variables analysées ont une association statistique (tableau 21).

Théoriquement, dans l'analyse de contingence, les coefficients varient entre les valeurs 0,0 et 0,89 quand, par exemple, les deux variables sont groupées en cinq catégories de part et d'autre; elles n'atteignent pas 1,0 comme on peut le voir dans l'analyse de corrélation du moment des produits.

Dans le cas qui nous intéresse, la valeur des coefficients est passablement faible. On pourrait dire que les variables ne sont pas liées de manière à effectuer des prédictions. Cependant, si on « étire l'élastique », il est possible de déceler des tendances comme celle d'affirmer qu'il pourrait y avoir des explications à tirer de la variation d'une série de données en fonction de la variation d'une autre série. Il est important d'indiquer que toutes les analyses effectuées sont significatives sur le plan statistique.

Les coefficients qui concernent le lien entre les écarts sont plus élevés en ce qui a trait au temps qu'il fait et les saisons (0,240), alors que le plus faible touche la vitesse du vent. Les conditions météorologiques, par ailleurs, auraient des liens relativement serrés; il y aurait une relation entre le temps qu'il fait et les mois de l'année (0,437), entre le temps qu'il fait et la vitesse du vent (0,340), entre la vitesse du vent et les mois de l'année (0,391).

En fin de compte, nous croyons avoir trouvé des explications statistiques à des explications logiques et compréhensibles de la variation des écarts de température entre ce qui a été mesuré chez Turcotte et ce qui a été mesuré à la station météorologique de Bagotville.

	ÉCARTS	DIRV	VITV	TEMPS	SAISONS	MOIS
ÉCARTS	-					
DIRV	0,188	-				
VITV	0,111	0,705*	-			
TEMPS	0,240	0,235	0,340	-		
SAISON	0,240	0,137	0,247	0,226	-	
MOIS	0,226	0,203	0,391	0,437	0,816**	-

Tableau 21 : Tableau des coefficients de contingence pour les variables analysées
 (* C'est élevé c'est biaisé par le fait que les valeurs liées à l'absence de vent et à l'absence de direction du vent se tiennent logiquement. ** C'est le cas aussi pour les saisons et les mois.)

5.4. Grandes tendances

Somme toute, en excluant les mois d'hiver, la température chez Turcotte à Saint-Fulgence **est plus chaude** que celle à la station de Bagotville à 6 h 30 du matin dans les conditions suivantes :

- quand les vents viennent du sud, du sud-est et de l'est;
- quand les vents les plus forts et les vents légers soufflent;
- quand le temps est généralement nuageux ou nuageux, ou pluvieux, ou neigeux;
- durant les mois d'octobre et de novembre et même de septembre.

Les données que nous avons analysées indiquent que, durant les mois d'automne, les écarts en faveur de Saint-Fulgence sont en moyenne de 1,63 °C supérieurs à Bagotville ¹⁸.

¹⁸ Calcul fait sur les 50 plus grands écarts positifs uniquement pour les jours de septembre, d'octobre et de novembre.

En contrepartie, la température chez Turcotte à Saint-Fulgence **est plus froide** que celle à Bagotville à 6 h 30 du matin dans les conditions suivantes :

- quand le vent vient de l'ouest, du nord-ouest ou du nord-est;
- quand il y a un vent léger ou un bon vent;
- quand le ciel est dégagé ou généralement dégagé, bien que cela soit possible aussi par temps nuageux ou généralement nuageux;
- quand c'est en dehors de l'automne;
- quand c'est en mars, en juin et en juillet.

Paradoxalement, les données que nous avons analysées présentent des écarts plus grands vers le froid à Saint-Fulgence par rapport à Bagotville au début de la saison de végétation; en fait, en moyenne ils atteignent $-4,0^{\circ}\text{C}^{19}$.

5.5. Résultats associés

L'analyse précédente a porté sur 27 mois en écartant les mois d'hiver (décembre, janvier et février). Cependant, le comportement thermique en hiver mériterait aussi qu'on s'y attarde. Parfois, en décembre, la rivière est libre de glace (mais il fait quand même pas mal froid, il faut dire). C'est surtout à partir des commentaires que nous recevrons à la suite de la diffusion de la présente étude qu'émergeront peut-être des pistes de réflexion et d'analyse.

¹⁹ Calcul sur les 50 plus grands écarts négatifs uniquement pour les jours de mars, avril, mai et juin.

6.CONCLUSION

Avant de terminer, il serait bon de faire un rappel des objectifs, de la méthodologie et des principaux résultats de la recherche. Puis mentionnons les limites de cette recherche.

Rappel

L'objectif général de la recherche était de déterminer si, à Saint-Fulgence, les données de température de l'air diffèrent de celles mesurées dans l'environnement voisin.

L'objectif particulier était de comparer les mesures effectuées par un résident de la municipalité située en bordure de l'eau avec celles de la station météorologique de Bagotville située à l'intérieur des terres. Il s'agissait aussi d'illustrer dans quelles conditions météorologiques les écarts favorisant Saint-Fulgence se produisent.

Pour atteindre ces objectifs, une stratégie d'analyse comparative de deux séries de données de température a été développée, c'est-à-dire qu'il a fallu constituer une base de données comprenant les données originales étalées sur trois ans, soit 2013, 2014 et 2015. Ces données, exprimées en degrés Celcius, ont été traitées de manière à ce qu'elles deviennent comparables. Il a été possible aussi d'expliquer les écarts de température entre les deux endroits. Cela a été effectué grâce à une analyse d'association statistique tenant compte des conditions météorologiques du moment.

Finalement, les résultats de l'analyse indiquent que généralement la température matinale n'est pas nécessairement plus chaude à Saint-Fulgence qu'à Bagotville. Cependant, il y a des périodes précises où, à Saint-Fulgence, la température est plus chaude comme en automne et spécifiquement aux mois d'octobre et de novembre, et même en septembre; ces moments-là coïncident avec des vents provenant du sud-ouest, du sud ou du sud-est, de l'est, c'est-à-dire ceux qui balayent les eaux relativement chaudes de la rivière Saguenay et avec des temps généralement nuageux ou nuageux, ou pluvieux, ou neigeux. Dans l'ensemble, nous pourrions dire que la température à Saint-Fulgence est déportée de quelques semaines par rapport à ce qui est mesuré à l'intérieur des terres.

À l’opposé, il y a des périodes où les écarts de température ne favorisent pas les berges de Saint-Fulgence; c’est le cas particulièrement des mois de mars, de juin et de juillet quand le vent vient de l’ouest, du nord-ouest ou du nord-est; quand il y a un vent léger ou un bon vent; quand le ciel est dégagé ou généralement dégagé, bien que cela soit possible aussi par temps nuageux ou généralement nuageux.

Limites

Il faut considérer cette étude comme une contribution exploratoire à la connaissance sur les microclimats de la région du Saguenay–Lac-Saint-Jean. Toute affirmation qui y est faite doit être prise avec une certaine prudence et doit mener plutôt à une validation facilement envisageable.

Les données provenant de la **station de Bagotville** étaient de très grande qualité bien que l’on puisse présumer que les appareils possèdent une petite marge d’erreur. Chose certaine, cela n’a pas réduit notre confiance en cette information. Il faut mentionner que nous avons dû calculer la température moyenne (arithmétique) entre 6 h et 7 h du matin en supposant que les changements entre les deux moments se soient effectués toujours au même rythme. Nous ne pensons pas qu’il faille nous tenir rigueur de l’utilisation des données de conditions météorologiques (ex. vent, etc.) de Bagotville et de les avoir étendues aussi à Saint-Fulgence.

Les données provenant de **Turcotte** à Saint-Fulgence ne possèdent pas la même rigueur que celles de Bagotville. À cette dernière station, il s’agissait d’un dispositif de standard international. Par contre, chez Turcotte, le moment de la récolte d’information pouvait varier d’un jour à l’autre entre 6 h et 7 h du matin. Une imprécision a pu survenir en raison du fait qu’il y a eu deux thermomètres différents utilisés au cours de la période étudiée et qu’ils étaient disposés en bordure de forêt par rapport à un champ ouvert. Puis, évidemment, les thermomètres n’étaient pas de même type d’un endroit à l’autre.

La **calibration** entre les thermomètres utilisés aux deux endroits a pu être réalisée suffisamment bien pour que nous puissions poursuivre la comparaison et l'analyse. Malgré tout, il a fallu mettre au point un artifice pour calculer les écarts de température entre les deux endroits en tenant compte de différences de lecture des thermomètres, entre eux, chez Turcotte et également entre ces derniers et le thermomètre de Bagotville.

La **base de données** qui a été construite aurait dû normalement comprendre la totalité des jours des trois années étudiées, soit 1 095 jours. Cependant, en raison du fait que chez Turcotte il y a eu des jours sans relevé, nous avons été dans l'obligation d'éliminer quelques jours. De même, pour le mois d'avril 2015, seulement une petite dizaine de jours ont pu être considérés et retenus pour les 3 années. Nous ne croyons pas que cela ait pu affecter notre étude, car la base finale sur les 36 mois contenait 96 % des jours possibles, ce qui veut dire que nous avons pu compter 1 046 jours pour les analyses sur 36 mois et 778 jours pour celles sur 27 mois (dans ce cas-ci, excluant les mois d'hiver).

En ce qui a trait à la méthode d'analyse statistique d'association entre des variables, il faut dire que c'est toujours hasardeux d'établir des règles et des tendances claires. Pour la recherche de relation statistique, nous avons fait appel à la technique de **l'analyse de contingence** dont l'avantage est de produire des tableaux croisés riches d'information. Ceux-ci permettent de déceler non seulement le sens de la relation, mais aussi la force de celle-ci. À ce propos, les valeurs du coefficient de contingence qui ont été dégagées ne sont pas parmi les plus fortes (même si elles étaient significatives sur le plan de la statistique). Néanmoins, on a pu y déceler des tendances statistiques qui ont un certain sens logique, autrement dit explicable dans la réalité.

On se rappellera que la présente étude a permis d'utiliser une banque d'information unique et originale sur la température à Saint-Fulgence ainsi que de l'exploiter et d'en sortir des renseignements inédits, voire des enseignements utiles. Nous aurions pu utiliser les données antérieures à 2013, car elles existent chez Turcotte et pour Bagotville. Cependant, le temps qui nous était alloué était relativement court et nous sommes d'avis que, pour une étude de type exploratoire (de débroussaillage), le nombre de jours étalés sur trois ans constituait une base suffisamment complète en fonction des objectifs visés.

Nous croyons que l'analyse qui a été faite constitue un premier pas vers la compréhension des ressources naturelles d'un coin de pays pré-nordique. Nous pourrions développer le territoire vers une agriculture plus exigeante sur le plan climatique.

Avenir

Finalement, que **reste-t-il à réaliser** pour comprendre davantage la question microclimatique sur la rive nord du Saguenay? Pourquoi ne pas installer à Saint-Fulgence une station météorologique standard à partir de laquelle il serait plus facile de comparer les données avec d'autres stations de même type? Peut-être faudrait-il avant tout savoir si d'autres personnes le long de la rivière Saguenay ont effectué des relevés systématiques de la météo, ou sont en train de faire? Cela permettrait de valider les données et les résultats de la présente étude. Serait-il possible de comparer les données quotidiennes de température d'autres stations météorologiques officielles situées sur le bord de l'eau avec celles situées à l'intérieur des terres? Nous pensons, d'une part, à celles de Saint-Rose-du-Nord et de Powell à La Baie et, d'autre part, à celles de Bagotville et de Saint-Honoré.

Puis comment explorer le rôle que joue la température de l'eau de la rivière Saguenay, notamment à l'automne? À ce propos, les premières observations de la thermographie nocturne à partir d'images satellites semblent indiquer une coupure à la flèche de Saint-Fulgence où l'eau en amont serait plus chaude que celle en aval.

C'est à suivre...

BIBLIOGRAPHIE

- AMAT, Jean-Paul, Lucien DORIZE et Charles LE CŒUR, 2002, *Éléments de géographie physique*, Paris, Bréal, Collection Grand Amphi Géographie, 448 p.
- ARDA Québec, 1969, *Inventaire des terres du Canada : les systèmes de classement des possibilités d'utilisation des sols*, Québec, rapport n° 1, 102 p.
- BELZILE, Mélanie, Peter S. GALBRAITH and Daniel BOURGAULT, 2015, « Water renewals in the Saguenay fjord », *Journal of geophysical research: oceans*, http://www.uqar.ca/files/uqar-info/belzile_et_al_2015.pdf.
- BOUCHARD, Denis, 2012, « Un rêve gourmand (éditorial) », Chicoutimi, *Le Quotidien*, 23 mars, p. 10.
- Canada, 2008, *Agriculture et Agroalimentaire Canada, Zones de rusticité des plantes au Canada 2000*, <http://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/climate/hardiness/intro.html>
- Canada, 2016a, Environnement Canada, Service météorologique, http://climate.weather.gc.ca/climate_normals/results_1981_2010_f.html?stnID=5889&autofwd=1
- Canada, 2016b, Environnement Canada, *Rapport de données horaires*, http://climat.meteo.gc.ca/climateData/hourlydata_f.html?timeframe=1&Prov=&StationID=5889&hlyRange=1953-01-01|2014-11-27&Year=2014&Month=7&Day=27
- DOUCET, Roger, 1992, *La science agricole : climat, sols et productions végétales du Québec*, Cégep Joliette-De Lanaudière, 699 p.
- DRAINVILLE, Gérard, 1968, « Le fjord du Saguenay : contribution à l'océanographie », *Le Naturaliste canadien*, vol. 95, n° 4, p. 809-846.
- ESCOURROU, Gisèle, 1980, *Climat et environnement : les facteurs locaux du climat*, Paris, Masson, coll. Géographie, 182 p.
- Fjordenkayak 2016, <http://www.fjordenkayak.ca/>

- Fondation de la faune, 2016, http://www.fondationdelafaune.qc.ca/documents/File/Pan_5.pdf
- Futura-Sciences, 2015, <http://www.futura-sciences.com/magazines/environnement/infos/dico/d/ climatologie -microclimat-6054/>.
- GAGNON, Mélyssa, 2014, « Saint-Fulgence : la thèse du microclimat se précise », *Progrès-Dimanche*, 30 novembre, p. 6.
- GAUTHIER, Majella-J. et Bruno GIRARD, 2010, *Microclimats à Saint-Fulgence : un potentiel certain*, Université du Québec à Chicoutimi, séminaire du GRIR, février, conférence en format PPT.
- GAUTHIER, Majella-J. et Mélanie LAMBERT, 2015, *Les trois Soleils de Saint-Fulgence : horticulture et microclimats*, Congrès de l'ACFAS, Université du Québec à Rimouski, conf., mai.
- GAUTHIER, Majella-J., 2011, *Triptyque sur la géographie appliquée au Saguenay–Lac-Saint-Jean : bleuet, microclimats et canot-camping*, Université du Québec à Chicoutimi, GRIR, conférence, en format PPT, mai.
- GAUTHIER, Majella-J., 2012, *Le potentiel microclimatique de Saint-Fulgence : projet*, Université du Québec à Chicoutimi, LERGA, texte remis lors de la rencontre à la mairie, 26 mars, 3 p.
- GAUTHIER, Majella-J., 2012, « Le regard sur les ressources au Saguenay–Lac-Saint-Jean : bleuet, microclimats et canot-camping », Université du Québec à Chicoutimi, GRIR, dans *Penser le développement*, sous la direction de Pierre-André Tremblay et de Suzanne Tremblay, Actes du colloque 2011, p. 163-174.
- GAUTHIER, Majella-J., 2012, *Rêver d'un paradis agrotouristique boréal*, Alma, Colloque sur l'agrotourisme (organisé par le cégep de Saint-Félicien), conf., février.
- GAUTHIER, Majella-J., 2012, *Projet de devis de recherche : le potentiel microclimatique de Saint-Fulgence, une analyse géographique*, Laboratoire d'expertise et de recherche en géographie appliquée, Université du Québec à Chicoutimi, document de travail non publié, 29 p.
- GAUTHIER, Majella-J., 2014, « Nouveaux regards sur les ressources au Saguenay–Lac-Saint-Jean : bleuet, microclimats et canot-camping », *Saguenayensia*, vol. 55, n° 2, p. 32-37.
- GAUTHIER, Majella-J., 2015, « Study on Microclimates in Agriculture Providing Input for Reflection and Action: Case of St-Fulgence in Saguenay (Québec, Canada) », *Cartouche*, n° 91, p. 10-11.

- GAUTHIER, Majella-J., Mélanie LAMBERT et Carl BRISSON, 2015, *Les microclimats favorables à l'agriculture au Saguenay–Lac-Saint-Jean : le cas de Saint-Fulgence*, Bibliothèque de Jonquière, conférence enregistrée par MATV Saguenay le 5 mai, disponible sur le Web : <http://grir.uqac.ca/animation-scientifique/conferences-telediffusees/>
- GAUTHIER, Majella-J., Mélanie LAMBERT et Carl BRISSON, 2015a, « Les trois Soleils de Saint-Fulgence : un microclimat favorable à l'horticulture au Saguenay », *Revue Urbanité*, automne, p. 11-13.
- GAUTHIER, Majella-J., Mélanie LAMBERT, et Carl BRISSON, 2015b, *Microclimats et agriculture à Saint-Fulgence : leurs potentiels pour l'horticulture : une analyse géographique*, Université du Québec à Chicoutimi, Laboratoire d'expertise et de recherche en géographie appliquée (LERGA), rapport de recherche non publié, 148 pages (dont 29 photos, 44 cartes, 22 tableaux et 8 diagrammes), févr.
- GIRARD, Bruno, 2010, *Détermination de secteurs propices à la formation de microclimats favorables à l'agriculture en utilisant la géomatique : le cas de Saint-Fulgence*, Université du Québec à Chicoutimi, rapport de stage au LERGA, 42 pages et cartes (non publié).
- GUYOT, Gérard, 1999, *Climatologie de l'environnement : cours et exercices corrigés*, Paris, Dunod, colloque Enseignement des sciences de la vie, 505 p.
- JOHNSON Winery, 2016, http://johnsonwinery.com/jos_lakeeriemicroclimate.html.
- JOLY, Daniel, 2015, « Comparaison des températures observées sous couvert forestier et en espace ouvert dans le Jura », *ThéMA : Théoriser et modéliser pour aménager*, <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01069927/>.
- LÉVESQUE, Laura, 2012, « Saint-Fulgence a tout pour elle : un climat exceptionnel pourrait en faire une destination agrotouristique », Chicoutimi, *Progrès-Dimanche*, 11 mars, p. 34.
- MAZZA, Charlie, 2015, *Microclimates*, Cornell gardening resources, <http://www.gardening.cornell.edu/weather/microcli.html>
- PLEAU, Claire, 1969, *Esquisse du plan de développement : étude climatologique en fonction de l'agriculture*, Québec, Office de planification et de développement du Québec, Mission de planification régionale Saguenay–Lac-Saint-Jean, annexe IV, 58 pages.
- POULIOT, Audrey, 2012, « L'Île d'Orléans du Saguenay », Chicoutimi, *Le Quotidien*, 26 février, p. 12.

- RAYMOND, Hélène, 2015, *Le potentiel de la culture maraîchère au Saguenay*, Radio-Canada Première, Émission « Bien dans son assiette », reportage, http://ici.radio-canada.ca/emissions/bien_dans_son_assiette/2014-2015/archives.asp?date=2015-02-17
- SAVOIE-SOULIÈRES, Mélissa, 2015, *Découverte prometteuse pour l'agriculture à Saint-Fulgence*, reportage au Téléjournal de Radio-Canada Saguenay–Lac-Saint-Jean, <http://ici.radio-canada.ca/widgets/mediaconsole/medianet/7351783>
- SIMARD, Gilbert, 2011, « Le mot du maire, Saint-Fulgence », *Faucon en parle*, Société de développement de l'Anse-aux-Foins, n° 4, décembre, <http://www.ville.st-fulgence.qc.ca/LinkClick.aspx?fileticket=utWjG925Ank%3d&tabid=5433>
- SYMONS, Leslie, 1970, *Agricultural geography*, London, G. Bell & Sons, 283 p.
- SGDO, 2016, *Système de gestion des données océanographiques*, <https://slgo.ca/app-sgdo/fr/accueil.html>
- Smith College, <http://keckgeology.org/files/pdf/symvol/18th/fingerlakes/whitesell.pdf>.
- STRAHLER, Arthur N., 1969, *Physical geography*, New York, John Wiley and Sons, 733 p.
- VILLENEUVE, G.-O., 1959, Bref aperçu climatique du Québec méridional, *Cahiers de Géographie de Québec*, vol. 3, n° 6, p. 161.
- WHITESSELL, Kate, 2005, *The lake effect on the surrounding climate of the Finger Lakes in New York*, <http://keckgeology.org/files/pdf/symvol/18th/fingerlakes/whitesell.pdf>
- World Weather, 2016, *Forecast, statistics, analysis*, http://w-weather.com/Hungary/Balatonfured/sea_temperature/.

ANNEXES

Annexe A : Remerciements

Nous tenons à remercier particulièrement monsieur Roger Turcotte de Saint-Fulgence pour son intérêt envers le projet sur les microclimats. Il a manifesté cette attention dès les débuts : lui qui avait déjà participé dans le passé à des investigations animées par des chercheurs de l'Université Laval; lui qui a été l'un des premiers sur la rive nord du Saguenay à démarrer les cultures maraîchères à grande échelle; lui qui continue, bien qu'il soit à la retraite depuis plusieurs années, à s'alimenter de données quotidiennes de température. Monsieur Roger Turcotte nous a ouvert sa porte pour échanger sur la question microclimatique et surtout nous a permis d'utiliser les mesures qu'il a colligées notamment pour les trois années sur lesquelles porte la présente recherche. Un grand merci également pour les indications pertinentes qu'il nous a transmises sur les résultats de la recherche.

Des remerciements sont adressés aussi aux Forces armées canadiennes de Bagotville, particulièrement à l'adjudent Glen Slauenwhite, chef météo du Service météorologique. Il nous a reçus avec ouverture lors de l'opération de la calibration des thermomètres: merci aussi pour les commentaires qu'il nous a adressés à la suite de la révision du rapport.

Il ne faudrait pas oublier madame Laure Devine du Système de gestion des données océanographiques (DGDO).

Nous avons apprécié les échanges que nous avons eus avec plusieurs personnes résidant à Saint-Fulgence. À ce propos, certaines nous ont toujours encouragés avec ferveur sans qu'elles soient impliquées directement dans la réalisation du volet thermique de cette recherche. Mentionnons entre autres Bertrand Gravel, Pierre Morissette et Sophie Gagnon.

Nous ne pouvons pas passer sous silence l'Université du Québec à Chicoutimi. Elle a contribué au financement de la recherche, nous a apporté son soutien administratif et a mis à notre disposition des locaux et le matériel technique. Un merci particulier à Carl Brisson, professionnel de recherche au LERGA pour nos nombreux échanges. Merci également à Stéphanie Bissonnette pour son aide en matière de révision linguistique.

Annexe B : Mesures de la température de l'eau et de l'air à Balatonfüred (Hongrie)

Mois	EAU	AIR	EAU Transposition pour Saint- Fulgence
Janv.	0,39	0,31	0,28
Févr.	-0,28	6,56	-0,20
Mars	1,56	8,08	1,13
Avr.	11,00	11,94	7,98
Mai	19,22	17,56	13,94
Juin	23,83	21,86	17,28
Juill.	27,00	26,61	19,58
Août	27,06	27,11	20,00
Sept.	21,83	21,19	15,83
Oct.	13,67	12,08	9,91
Nov.	9,28	1,53	6,73
Déc.	4,00	3,92	2,90

Les mesures concernent les mois de 2015 sauf pour les mois de janvier, de février et de mars qui ont été calculées pour 2016.

Les deux premières colonnes de chiffres concernent Balatonfüred.

La troisième colonne de chiffres est la transposition de la température de la surface de l'eau pour Saint-Fulgence à partir de la variation mesurée à Balatonfüred; évidemment en supposant que la température de l'eau la plus froide tourne autour de 0,0 °C et que la plus chaude s'élève à 20 °C.

Annexe C : Données climatiques à Bagotville

1-Températures à Bagotville

	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Moyenne quotidienne (°C)	-15,7	-13	-6,3	2,6	9,9	15,6	18,4	17,1	12,1	5,3	-2	-10,4	2,8
Écart-type	3,1	3,1	2,2	1,9	1,8	1,4	1,1	1,2	1,3	1,4	1,8	2,9	1
Maximum quotidien (°C)	-10,1	-7,4	-0,6	7,9	16,3	22	24,2	23	17,5	9,6	1,8	-5,7	8,2
Minimum quotidien (°C)	-21,1	-18,7	-12	-2,8	3,4	9,2	12,4	11,1	6,5	1	-5,7	-15	-2,6
Maximum extrême (°C)	15,2	13,6	22,2	30,4	34,4	36,3	38,4	36,1	33,3	28,3	22,9	14,4	
Date (aaaa/jj)	1996/ 19	2000/ 27	1962/ 30	1987/ 21	1977/ 23	2003/ 26	févr-02	janv-75	oct-59	nov-49	mars- 99	juil-51	
Minimum extrême (°C)	-40,6	-43,3	-33,6	-24,4	-10,4	-2,2	0,9	0,8	-6,7	-12,2	-25,6	-39,5	
Date (aaaa/jj)	1951/ 31	1943/ 15	août- 89	mars- 43	1985/ 14	déc-46	mai-79	1986/ 31	1947/ 23	1972/ 20	1964/ 23	1993/ 29	

http://climate.weather.gc.ca/climate_normals/results_1981_2010_f.html?stnID=5889&autofwd=1

2- Degrés-jours à Bagotville

	Janv.	Févr.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Au-dessus 24 °C	0	0	0	0	0	0,9	2	0,8	0,2	0	0	0	3,9
Au-dessus 18 °C	0	0	0	0	2,9	23,4	45,7	31,6	6,4	0,1	0	0	110,1
Au-dessus 15 °C	0	0	0	0,2	11,8	59,9	111,5	82,9	19,9	1	0	0	287,2
Au-dessus 10 °C	0	0	0	2,8	55,4	172,7	259,6	219,9	84,8	10	0,3	0	805,5
Au-dessus 5 °C	0,1	0,2	1,4	22,9	158,5	319,3	414,5	374,4	211,8	55,5	4,6	0,2	1 563,3
Au-dessus 0 °C	1,1	2,3	17	101,8	306,5	469,2	569,5	529,4	360,6	167,6	34,9	2,8	2 562,8
Au-dessous 0 °C	486,2	370,2	213,3	25,3	0,2	0	0	0	0	3,3	91,8	324,4	1 514,7
Au-dessous 5 °C	640,1	509,2	352,7	96,4	7,2	0	0	0	1,2	46,2	211,5	476,8	2 341,4
Au-dessous 10 °C	795	650,2	506,4	226,3	59	3,5	0,1	0,5	24,2	155,8	357,2	631,6	3 409,8
Au-dessous 15 °C	950	791,4	661,4	373,7	170,5	40,7	6,9	18,5	109,3	301,7	506,9	786,6	4 717,6
Au-dessous 18 °C	1,043	876,1	754,4	463,5	254,6	94,2	34,1	60,2	185,8	393,8	596,9	879,6	5 636,2

Annexe D : Description des thermomètres

Thermomètre de la station météorologique de Bagotville :

Stevenson : l'abri Stevenson désigne un boîtier utilisé en météorologie pour protéger les instruments de mesure contre les précipitations ainsi que les radiations directes de chaleur de sources extérieures, tout en continuant à permettre la libre circulation de l'air autour de ces instruments de mesure. Conçu pour accueillir divers instruments de mesure (thermomètres, hygromètre, baromètre, psychromètre, thermographe), l'abri permettra de créer, autant que possible, un environnement uniforme en relation avec l'air extérieur (Wikipedia). Conditions climatiques recueillies du 1^{er} janvier 2013 au 31 décembre 2015.

La station de Bagotville comprend un anémomètre pour mesurer la direction et la vitesse du vent de même que plusieurs autres appareils.

Thermomètres utilisés chez Turcotte (propriété de monsieur Roger Turcotte) :

Acurite : Station météorologique. Modèle n° 6608A02010XR (du 1^{er} janvier 2013 au 10 mai 2015).

La Crosse : LaCrosse Technology, Wireless thermometer with time, Model : n° W59245UITCA (du 11 mai 2015 au 31 décembre 2015).

Thermomètres ayant servi lors de l'opération de calibration (propriété du LERGA) :

Acurite : Station météorologique, Modèle n° 021050-RX (1^{er} octobre et 3 octobre 2014).

La Crosse : LaCrosse Technology, Wireless thermometer with time, Model : n° CA85152 (1^{er} octobre et 3 octobre 2014).

Annexe E : Tableau synthèse des températures à 6 h 30 du matin chez Turcotte et à Bagotville

	Jan	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Turcotte 2013 Max	0,00	-2,00	2,00	9,00	14,00	17,00	20,00	17,00	15,00	12,00	9,00	-1,00
Turcotte 2013 Moy	-15,97	-15,78	-4,26	-1,60	6,39	9,73	13,77	12,46	8,87	4,74	-2,97	-14,87
Turcotte 2013 Min	-32,00	-32,00	-19,00	-9,00	-2,00	4,00	8,00	6,00	3,00	-3,00	-18,00	-30,00
Bagotville 2013 Max	4,00	-1,90	3,15	9,90	17,05	19,70	22,70	20,85	15,65	17,00	12,00	2,85
Bagotville 2013 Moy	-15,18	-15,79	-4,10	-1,34	6,93	10,85	15,44	13,14	9,30	5,12	-2,92	-14,29
Bagotville 2013 Min	-32,00	-25,00	-17,60	-10,20	0,05	5,35	8,85	6,00	3,00	-3,25	-18,95	-30,05
Écarts 2013 Moy	-1,35	-0,70	-0,72	-0,82	-1,10	-1,72	-2,23	-1,24	-0,99	-0,94	-0,61	-1,14
Turcotte 2014 Max	0,00	-1,00	-3,00	4,00	17,00	18,00	21,00	19,00	16,00	12,00	6,00	0,00
Turcotte 2014 Moy	-17,77	-15,78	-16,10	-1,80	6,16	12,88	14,74	13,50	8,80	4,55	-3,30	-9,23
Turcotte 2014 Min	-39,00	-26,00	-31,00	-10,00	-1,00	9,00	9,00	9,00	-2,00	-2,00	-16,00	-26,00
Bagotville 2014 Max	2,80	-1,10	-2,00	4,90	12,55	20,55	25,05	19,75	18,00	12,45	5,50	-0,25
Bagotville 2014 Moy	-16,36	-15,32	-15,19	-1,43	6,90	14,10	16,20	13,78	9,29	4,70	-3,57	-9,25
Bagotville 2014 Min	-39,80	-25,50	-32,40	-11,55	0,40	7,40	9,95	7,80	-1,00	-2,95	-15,25	-26,10
Écarts 2014 Moy	0,89	-1,01	-1,44	-0,93	-1,30	-1,69	-2,02	-0,84	-1,05	-0,72	-0,29	-0,54
Turcotte 2015 Max	-2,00	-14,00	-2,00	7,00	15,00	17,10	9,00	20,90	21,20	12,00	7,00	3,80
Turcotte 2015 Moy	-19,42	-25,57	-14,22	2,11	6,54	10,96	13,96	15,31	11,72	2,39	0,52	-2,73
Turcotte 2015 Min	-30,00	-35,00	-29,00	1,00	0,00	2,70	7,00	11,10	1,00	-2,90	-14,80	-15,50
Bagotville 2015 Max	-1,50	-13,00	-0,15	7,70	19,40	19,35	18,90	23,80	24,40	10,85	7,20	4,55
Bagotville 2015 Moy	-19,44	-24,35	-13,48	3,28	7,30	11,27	14,30	15,56	11,94	1,87	-0,28	-3,36
Bagotville 2015 Min	-32,20	-35,30	-25,20	1,20	1,70	3,05	9,35	11,35	-1,70	-5,15	-19,25	-16,60
Écarts 2015 Moy	-0,54	-1,79	-1,31	-1,17	-1,04	-0,44	-0,47	-0,38	-0,35	0,39	0,66	0,49

Annexe F : Vents : mise en catégories

Force	Appellation	Vitesse du vent		État de la mer	Effets à terre	Catégorie
		nœud	km/h			
0	Calme	1	1	Mer d'huile, miroir	La fumée monte droit	0
1	Très légère brise	1 à 3	1 à 5	Mer ridée	La fumée indique la direction du vent	1
2	Légère brise	4 à 6	6 à 11	Vaguelettes	On sent le vent au visage	1
3	Petite brise	7 à 10	12 à 19	Petits moutons	Les drapeaux flottent	2
4	Jolie brise	11 à 16	20 à 28	Nombreux moutons	Le sable s'envole	2
5	Bonne brise	17 à 21	29 à 38	Vagues, embruns	Les branches des pins s'agitent	3
6	Vent frais	22 à 27	39 à 49	Lames, crêtes d'écume étendues	Les fils électriques sifflent	3
7	Grand frais	28 à 33	50 à 61	Lames déferlantes	On peine à marcher contre le vent	3
8	Coup de vent	34 à 40	62 à 74	Les crêtes des vagues partent en tourbillon d'écume	On ne marche plus contre le vent	x
9	Fort coup de vent	41 à 47	75 à 88			
10	Tempête	48 à 55	89 à 102	Les embruns obscurcissent la vue, on ne voit plus rien	Les enfants de moins de 12 ans volent!	x

<http://www.lavoile.org/beaufort.htm>

FIN